

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie  
- Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. E. Brug -

**Der Zusammenhang zwischen vorderer Kreuzbandinsuffizienz und  
intraarticulärem Knorpelschaden -  
eine retrospektive Evaluation eines definierten Patientenkollektivs**

INAUGURAL - DISSERTATION  
zur  
Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät  
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von:  
Esther Anne Pröpper, geb. Marx  
aus Düsseldorf  
2003

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Westfälischen-Wilhelms-Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. H. Jürgens

1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. E. Brug

2. Berichterstatter: Prof. Dr. M. Strobel

Tag der mündlichen Prüfung: 23. Oktober 2003

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. E. Brug  
Referent: Univ.-Prof. Dr. E. Brug  
Koreferent: Prof. Dr. M. Strobel

### **Zusammenfassung**

#### **Der Zusammenhang zwischen vorderer Kreuzbandinsuffizienz und intraarticulärem Knorpelschaden – eine retrospektive Evaluation eines definierten Patientenkollektivs**

Esther Anne Pröpper, geb. Marx

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Studie von 1483 Patienten, die in der Zeit von Januar 1993 bis Januar 1996 aufgrund einer vorderen Kreuzbandruptur in der belegärztlichen Abteilung der Orthopädischen Gemeinschaftspraxis Straubing eine vordere Kreuzbandplastik erhielten.

Aus diesem Patientenkollektiv wurden diejenigen ausgewählt, die intraoperativ eine Chondromalazie IV<sup>o</sup> aufwiesen und/oder deren Rupturalter zum Zeitpunkt der Operation >10 Jahre betrug. Es handelt sich um 173 Patienten (150 Männer und 23 Frauen) die in Abhängigkeit des Rupturalters in drei Patientengruppen unterteilt wurden.

Untersucht wurde die Lokalisation von Knorpelschäden bei vorliegender vorderer Kreuzbandruptur, der Einfluss möglicher Faktoren auf die Chondromalazie und die Korrelation von arthroskopischem und radiologischem Knorpelbefund.

Die Ergebnisse zeigen, dass sicherlich das Zusammenspiel mehrerer Faktoren für die Entwicklung von Knorpelschäden überwiegend am medialen Femurcondylus – weniger auch retropatellar – verantwortlich ist, aber als Hauptauslöser der Grad der Instabilität anzusehen ist. Hierbei ist vor allem die objektive Laxizität zu beurteilen, denn auch bei Patienten mit subjektiv stabilem Kniegelenk fanden sich gehäuft Knorpelschäden in typischer Lokalisation. Das Rupturalter hingegen zeigt bei dem Patientenkollektiv dieser Studie keinen Einfluss auf die Chondromalazieentwicklung. Das Patientenalter und der Meniskuszustand ist mitverantwortlich für die teilweise generalisierte Entstehung von Knorpelschäden.

Die Tatsache, dass vor allem die bestehende Instabilität die Entstehung von Knorpelschäden fördert, sollte bei der Therapiefindung eine entscheidende Rolle spielen. Somit sollte besonders bei jungen, sportlich aktiven Patienten eine operative Stabilisierung des Kniegelenkes in Erwägung gezogen werden.

**Tag der mündlichen Prüfung: 23. Oktober 2003**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Funktionelle Anatomie</b>	<b>10</b>
2.1	Vorderes Kreuzband	10
2.2	Menisken	10
<b>3</b>	<b>Biomechanik des Kniegelenkes</b>	<b>12</b>
3.1	Biomechanik des intakten Kniegelenkes	12
3.2	Biomechanik der Menisken	13
3.3	Die gestörte Biomechanik bei vorderer Kreuzbandinsuffizienz	14
<b>4</b>	<b>Gelenkknorpel</b>	<b>16</b>
4.1	Struktur des Gelenkknorpels	16
4.2	Funktion des Gelenkknorpels	17
4.3	Makroskopie des Knorpelschadens	18
4.4	Pathophysiologie des Knorpelschadens	19
<b>5</b>	<b>Arthrose</b>	<b>22</b>
5.1	Definition und Einteilung	22
5.2	Pathogenese	22
<b>6</b>	<b>Radiologischer Befund</b>	<b>24</b>
6.1	Allgemeine Arthrosezeichen im Röntgenbild	24
6.2	Instabilitätsbedingte radiologische Veränderungen des Kniegelenkes	25
<b>7</b>	<b>Kapsel-Band-Verletzungen</b>	<b>26</b>
7.1	Einteilung der Kapsel-Band-Verletzungen	26
7.2	Einteilung der Kapsel-Band-Instabilitäten	27
<b>8</b>	<b>Folgeschäden bei chronischer Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes</b>	<b>28</b>
<b>9</b>	<b>Beurteilung der Kniegelenkstabilität</b>	<b>31</b>

<b>9.1</b>	<b>Manuelle Untersuchungen</b>	<b>31</b>
9.1.1	Lachman-Test	31
9.1.2	Pivot-shift-Test	32
<b>9.2</b>	<b>Instrumentelle Untersuchung</b>	<b>33</b>
9.2.1	KT-1000	33
<b>10</b>	<b>Material und Methode</b>	<b>34</b>
<b>11</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>36</b>
<b>11.1</b>	<b>Knorpelbefund</b>	<b>36</b>
11.1.1	Mediales Kompartiment	36
11.1.2	Laterales Kompartiment	38
11.1.3	Femoropatellargelenk	39
<b>11.2</b>	<b>Instabilität</b>	<b>40</b>
<b>11.3</b>	<b>Laxizität</b>	<b>43</b>
11.3.1	Lachmantest	43
11.3.2	Pivot-shift-Test	46
11.3.3	KT-1000-Wert	48
<b>11.4</b>	<b>Patientenalter</b>	<b>53</b>
<b>11.5</b>	<b>Meniskusbefund</b>	<b>55</b>
<b>11.6</b>	<b>Rupturalter</b>	<b>58</b>
<b>11.7</b>	<b>Röntgenbefunde</b>	<b>60</b>
11.7.1	A.p.-Aufnahme	60
11.7.1.1	Mediales Kompartiment	60
11.7.1.2	Laterales Kompartiment	64
11.7.1.3	Notch und Eminentia intercondylaris	65
11.7.2	Seitliche Aufnahme	66
11.7.2.1	Dorsaler Gelenkbereich und Area intercondylaris	66
11.7.2.2	Femoropatellargelenk	66
<b>12</b>	<b>Diskussion</b>	<b>68</b>
<b>12.1</b>	<b>Knorpelbefund</b>	<b>69</b>
<b>12.2</b>	<b>Instabilität und Laxizität des Kniegelenkes</b>	<b>71</b>
12.2.1	Subjektive Instabilität	71
12.2.2	Lachman-Test	73
12.2.3	Pivot-shift-Test	75
12.2.4	KT-1000	78
12.2.5	KT-1000-Differenz	79
<b>12.3</b>	<b>Patientenalter</b>	<b>81</b>
<b>12.4</b>	<b>Meniskusbefund</b>	<b>83</b>
<b>12.5</b>	<b>Rupturalter</b>	<b>86</b>
<b>12.6</b>	<b>Röntgenbefund</b>	<b>89</b>

<b>Literatur</b>	<b>93</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>103</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>105</b>
<b>Lebenslauf</b>	<b>106</b>

# 1 Einleitung

Das Kniegelenk ist das größte Gelenk des menschlichen Körpers und bedarf aufgrund der Inkongruenz seiner knöchernen Partner – Femurcondylen, Tibiaplateau und Patellarrückfläche – einer sekundären Stabilisierung.

Zu den sekundären Stabilisatoren gehören als passiv wirkende Strukturen neben den knöchernen Anteilen der Kapsel-Band-Apparat und die Menisken. Aktiv tragen die Muskeln und Sehnen zur Stabilität bei [57,93,123]. Diese sekundären Stabilisatoren begrenzen das Bewegungsausmaß des Gelenkes. Der hierdurch entstehende Stabilitätsgrad ist für das Kniegelenk von besonderer Bedeutung.

Als Hauptbewegungsebene gilt die Extension/Flexion, diese stellt eine Kombination aus einer Roll- und Gleitbewegung der Femurcondylen über das Tibiaplateau dar [10,70].

Ein intakter Kapsel-Band-Apparat ist für die Kniegelenkstabilität von großer Bedeutung, wobei unter den ligamentären Strukturen das vordere und hintere Kreuzband die Hauptfunktion übernehmen [91,123].

Mit zunehmender sportlicher Freizeitaktivität der Bevölkerung kommt es vermehrt zu Verletzungen der Kapsel-Band-Anteile, wobei eine Ruptur des vorderen weitaus häufiger auftritt als die des hinteren Kreuzbandes. Die vordere Kreuzbandruptur tritt sowohl isoliert als auch in Kombination mit Verletzungen anderer Strukturen – wie z.B. dem medialen Meniskus oder dem Lig. collaterale mediale – auf. Ursächlich können verschiedene Verletzungsmechanismen sein, wie sie charakteristischerweise Fußballspieler und Skifahrer zeigen [57,123,128,136].

Der am häufigsten durch Patienten beschriebene Bewegungsablauf mit Folge einer Verletzung entspricht der Kombination aus einer Flexion, Abduktion und Außenrotation. Weiterhin ist eine Hyperextension als auslösender Mechanismus denkbar. Aber auch Bagatelltraumata können ursächlich sein [33,123,133].

Auch heute noch werden Verletzungen des vorderen Kreuzbandes häufig verkannt oder inadäquat therapiert. Aufgrund der daraus resultierenden Instabilität des Kniegelenkes, die



muskulär nicht vollständig kompensiert wird, kommt es mit der Zeit zu Folgeschäden [83,108,116,123].

Neben zahlreichen Schäden am Innen- und Außenmeniskus, Veränderungen im Bereich der Notch und der lateralen Hyperpression der Patella werden instabilitätsbedingte Knorpelschäden besonders im Bereich des medialen Femurcondylus beschrieben [24,102,117, 123].

Das Kriterium der zu erwartenden Folgeschäden ist von besonderer Wichtigkeit bei der Entscheidung, ob die primär konservativ durchgeführte Therapie ausreicht oder ein operativer Bandersatz notwendig ist.

Ziel dieser Arbeit ist es:

1. die Häufigkeit des Auftretens von Knorpelschäden
2. die Lokalisation der Knorpelschäden
3. mögliche Einflussfaktoren für die Entwicklung von Knorpelschäden wie:
  - Rupturalter
  - Patientenalter
  - subjektive Gelenkinstabilität
  - objektive Gelenklaxizität
  - Meniskusvorbefund
4. eine Sonderstellung des Rupturalters sowie
5. eine Korrelation zwischen arthroskopischem und radiologischem Knorpelbefund aufzuzeigen.

Hierfür wurden die Untersuchungsbögen und Operationsprotokolle von 173 Patienten (150 Männer und 23 Frauen), die aufgrund einer kompletten vorderen Kreuzbandruptur im St. Elisabeth-Krankenhaus Straubing operiert wurden, ausgewertet. Diese Patienten wurden aus einem Kollektiv von 1483 im Zeitraum von Januar 1993 bis Januar 1996 am vorderen Kreuzband Operierten aufgrund folgender Kriterien ausgewählt:

1. Rupturalter > 10 Jahre
2. arthroskopisch diagnostizierte Chondromalazie IV<sup>o</sup>

Die Patienten wurden nach ihrem Rupturalter in drei Gruppen eingeteilt, um so zu untersuchen, ob die Dauer der Instabilität einen besonderen Einfluss auf die Entwicklung der Knorpelschäden hat.

Weiterhin wurden die zugehörigen Röntgenbilder in zwei Ebenen befundet und ein Vergleich der radiologischen Arthrosezeichen mit dem arthroskopischem Knorpelbefund an- gestellt.

## 2 Funktionelle Anatomie

### 2.1 Vorderes Kreuzband

Das vordere Kreuzband (Lig. cruciatum anterius) bildet zusammen mit dem hinteren Kreuzband (Lig. cruciatum posterius) den zentralen Pfeiler des Kniegelenkes. Das vordere Kreuzband liegt intraarticulär aber extrasynovial in der Fossa intercondylaris. Es entspringt dorsal an der medialen Fläche des lateralen Femurcondylus und verläuft von dort nach ventral medial distal, wo es an der Area intercondylaris anterior der Tibia inseriert [10].

Aufgrund von Spannungsänderungen innerhalb des Ligamentes während des Bewegungsablaufes im Kniegelenk lassen sich funktionell zwei Fasersysteme – anteromediales und posterolaterales Bündel – unterscheiden [71,89,93]. Die längeren anteromedialen Fasern liegen am Ursprungsort cranial der posterolateralen Fasern und inserieren im Bereich der Area intercondylaris anterior ventral der posterolateralen Fasern.

Während des Bewegungsablaufes verwringen sich diese Fasersysteme, wobei das Ausmaß der Verwringung mit zunehmender Kniegelenksflexion steigt. Die anteromedialen Fasern weisen geringere Längenänderungen auf. Sie bewahren bei zunehmender Flexion annähernd die gleiche Spannung, während das posterolaterale Bündel sich zunehmend entspannt. Mit zunehmender Extension richten sich die posterolateralen Fasern in paralleler Anordnung zum anteromedialen Anteil aus. Dies bedeutet eine Kräftigung des vorderen Kreuzbandes in Extension. In dieser Position schlägt das vordere Kreuzband am Dach der Fossa intercondylaris an und begrenzt somit das Ausmaß der Extension [1,64].

### 2.2 Menisken

Die faserknorpeligen Menisken sind von C-förmiger Gestalt mit keilförmigem Querschnitt, wobei der dickere Anteil als Basis mit dem Tibiaplateau und der Gelenkkapsel verbunden ist. Der Meniscus medialis hat zusätzlich engen Kontakt zu dem Ligamentum collaterale medialis.

Während der Meniscus medialis eine halbmondförmige Gestalt hat, ist der Meniscus lateralis eher kreisförmig und kommt mit seinen Enden an der Eminentia intercondylaris zu liegen. Ein variables Band – Lig. transversum genus – verbindet Innen- und Außenmeniscus ventral miteinander. Weitere Verbindungen bestehen beispielsweise zwischen dem Menis-

kus laterale und den Kreuzbändern oder dem Meniskus mediale und dem M.semimembranosus [10,123]. Aufgrund der Form und der Verbindungen ist verständlich, dass der laterale Meniskus weitaus mobiler ist als der mediale. Die gute Fixation des medialen Meniskus ist Ursache für die hohe Verletzungsanfälligkeit. Bei der Kniegelenksbewegung gleiten die Menisken in Extension nach ventral und werden bei Flexion wieder nach dorsal geschoben [89,93].

Die Ernährung erfolgt über Blutgefäße, die in die Basis einstrahlen sowie durch Diffusion über die Synovialflüssigkeit.

Die Menisken haben eine Vielzahl an Funktionen. Neben einer Pufferfunktion und der Fähigkeit Druck- und Zugspannungen umzuwandeln und somit eine Druckentlastung des Knorpels zu schaffen, erfolgt eine Kongruenzverbesserung zwischen Femur und Tibia mit Vergrößerung der Kontakt-Kraft-Aufnahme-Fläche um bis zu 40-60%. Eine oft unterschätzte Funktion ist der Beitrag zur Festigung des Kniegelenkes als passiver Stabilisator. Zudem unterstützen sie die Ernährung der Knorpeloberfläche, die Verstärkung des Lig. collaterale mediale, die Propriozeption und die Begrenzung der Hyperflexion und -extension [92,93,123,127].

### 3 Biomechanik des Kniegelenkes

#### 3.1 Biomechanik des intakten Kniegelenkes

Die Bewegung des Kniegelenkes ist eine Kombination aus einer Roll- und Drehgleitbewegung zwischen Femur und Tibia [85,91,93].

Wie von MENSCHIK [85] beschrieben, liegt als elementares Prinzip der Kinematik des Kniegelenkes das System der überschlagenen Viergelenkkette zugrunde. Die Gesetze dieser Kreuzbandviergelenkkette, welche als Getriebe den Zwangslauf bestimmen, sind grundlegend für den Bewegungsablauf. Für die Extensions-Flexions-Bewegung zwischen Femur und Tibia in einer Ebene bleibt der Zwangslauf erhalten, wenn bei intakten Kreuzbändern die Funktion der Seitenbänder ausfällt. Hierbei wird jedoch nur die sagittale Ebene bewertet. Die sich der Roll-Gleitbewegung anschließende Schlussrotation wird nicht berücksichtigt.

Bei seinen Überlegungen bezeichnet MENSCHIK [85,86] die Femurcondylen als ein Rastsystem und die Tibia als ein Gangsystem. Erfolgt nun eine Extension oder Flexion, bewegt sich das Tibiaplateau tangential um die Femurcondylen. In diesem Fall sind die Ursprungspunkte des vorderen und hinteren Kreuzbandes Drehpunkte, um die sich die Kreuzbänder bewegen. Ihre Ansatzpunkte beschreiben zwei Kreislinien unterschiedlicher Radien, die sich schneiden. Die unterschiedlichen Radien kommen durch die Längendifferenz des vorderen und hinteren Kreuzbandes zustande. Der Schnittpunkt des vorderen und hinteren Kreuzbandes ist die Drehachse des Kniegelenkes.

Je stärker die Flexion im Kniegelenk ist, desto mehr verschiebt sich das Verhältnis zwischen Abroll- und Gleitvorgang zugunsten der Gleitbewegung der Femurcondylen auf dem Tibiaplateau.

Eine extreme Extension bzw. physiologische Hyperextension ist nur bei gleichzeitiger Außenrotation der Tibia möglich. Diese beträgt ca.  $15^\circ$  und wird durch die Position der Kreuzbänder in der Fossa intercondylaris und der Insertion an der Tibia bedingt [86].

Für einen Bewegungsumfang von 5-0-140° ist ein Winkel von 40° zwischen femoralem Kreuzbandursprung und Femurachse notwendig. So wird eine unphysiologische Hyperextension vermieden. Dies erfolgt vor allem durch das Anschlagen des vorderen Kreuzbandes am knöchernen Dach der Fossa intercondylaris.

Bei einer Hyperextension wird das gesamte Bandsystem angespannt, wobei die auftretenden Kräfte vor allem auf das ventrale Bandsystem wirken, woraus sich der Verletzungsmechanismus der Hyperextension für eine vordere Kreuzbandläsion ableiten lässt.

Die Kreuzbänder dienen als Sensoren für das Tibiofemoralgelenk. Sie registrieren den Führungskontakt zwischen den Gelenkflächen und steuern die resultierende Gelenkkraft so, dass der Führungskontakt konstant gehalten wird. Sie beinhalten Mechanorezeptoren, die laut ZIMNY [14] 1-2,5% des Bandvolumens einnehmen mit einem Maximum am distalen und proximalen Kreuzbandende. Das sensorische Feedback des Propriozeptoren-Systems erleichtert die muskuläre Kontrolle der Gelenkposition durch die ischiocrurale Muskulatur [38,123].

### **3.2 Biomechanik der Menisken**

Die Menisken reduzieren den intraarticulären Flächendruck. Insbesondere erfolgt eine Entlastung des Tibiaplateaus, da ein Teil des von den Femurcondylen aufgenommenen Druckes in Zugspannungen umgewandelt und auf die Anheftungsstellen an der Tibia übertragen wird.

Aufgrund ihres faserknorpeligen Aufbaus sind die Menisken elastisch verformbar und können den Bewegungen der Femurcondylen passiv folgen, was einen Beitrag zur Stabilität des Kniegelenkes leistet und die Beanspruchung der Kreuzbänder reduziert.

Neben der Passivbewegung erfolgt aktiv die Mitkontrolle medial über den M.semimembranosus und lateralseitig über den M.popliteus.

Die Menisken haben eine bremsende Wirkung auf die Femurcondylen in maximaler Flexion und vermeiden das weitere Dorsalgleiten. Da dies jedoch bei intaktem Kapsel-Band-Apparat überwiegend durch die Kreuzbänder erfüllt wird, ist diese Funktion vor allem bei Verletzungen der Kreuzbänder interessant [35,64,69,91,92,93,99].

Durch eine totale Meniskektomie wird die Gelenkresultierende, gemeint ist hiermit die Gesamtbelastung des Gelenkes, erheblich erweitert. Um dies auszugleichen, ist eine zusätzli-

che Muskelkraft oder Spannung eines Kreuzbandes erforderlich, woraus ersichtlich wird, dass nach Menishektomie eine erhöhte Belastung der Kreuzbänder resultiert [83, 84, 110, 113].

Eine erhöhte Gelenkbeanspruchung bei Zustand nach Menishektomie, aufgrund der Reduktion der Tragfläche, führt zu einer vermehrten Beanspruchung des Gelenkknorpels, was arthrotische Veränderungen nach sich zieht.

Einen Beitrag zur Kniegelenkstabilität leisten die Menisken auch über ihre zahlreichen ligamentären Verbindungen. Es wurde z.B. festgestellt, dass nach kompletter medialer Menishektomie eine vermehrte vorwiegend anteromediale Rotationsfreiheit des Tibiaplateaus, geringradig auch die Valgusrotation, zu finden ist [92].

Die von den Kreuzbändern gesteuerte funktionelle Kongruenz des Kniegelenkes wird also wesentlich durch die Menisken komplementiert.

### **3.3 Die gestörte Biomechanik bei vorderer Kreuzbandinsuffizienz**

Aus der zentralen Stellung der Kreuzbänder bezüglich der Kinematik ergibt sich die Frage, ob ein Kniegelenk mit defektem Kreuzband überhaupt noch vollwertig funktionieren kann.

MENSCHIK und TRILLAT [93] haben bewiesen, dass bei Ruptur von nur einem Kreuzband die peripheren Bänder und die Gelenkkapsel diesen Verlust nicht ausgleichen können.

Weiterhin zeigt eine Studie von ARTMANN und WIRTH [5], dass durch den Verlust der vorderen Kreuzbandfunktion eine Störung des Roll-Gleit-Mechanismus auftritt, die sich in einer Dorsalverlagerung der Femurcondylen äußert. Dadurch kommt es zu einer vermehrten Belastung der Menisken durch die Femurcondylen und zu einer sekundären Lockerung der peripheren Kapsel-Band-Strukturen [64].

In einem intakten Kniegelenk findet bei der Flexions-Extensions-Bewegung ein ständiger Wechsel der Kontaktpunkte zwischen Tibia und Femur statt. Liegt eine vordere Kreuzbandinsuffizienz vor, bleibt der Femur in Kontakt mit einem besonderen Punkt der Tibia, der folglich überlastet wird [38].

Die anteriore Tibiatranslation kommt als Ergebnis der Quadricepsaktivität zustande, die durch das vordere Kreuzband begrenzt wird. Durch Verlust des Ligamentes kommt es zur

vermehrten Tibiatranslation nach ventral. Der M. quadriceps ist als Gegenspieler des vorderen Kreuzbandes anzusehen [38,123].

LIMBIRD et al. [67] bewiesen 1988 mittels EMG-Studien an Menschen, dass Patienten mit einer vorderen Kreuzbandruptur durch Zunahme der ischiocruralen Muskulatur und Verringerung der Quadricepsaktivität die Insuffizienz in der Gelenkführung teilweise kompensieren.

MANSOUR et al. [79] führten eine In-vivo-Messung bezüglich der Kinematikveränderungen in Kniegelenken nach Durchtrennung des vorderen Kreuzbandes an Hasen durch.

Dabei stellten sie fest, dass es zu einem vermehrten anterioren Tibiatranslation relativ zum Femur kommt. Die vermehrte Adduktionsstellung des Gelenkes kann als Zeichen zunehmender Belastung des medialen Femurcondylus gesehen werden. Die verstärkte Außenrotationsstellung der Tibia verändert den Kontakt im Tibiofemoralgelenk und führt zur Belastung anderer Knorpelareale.

SMILLIE [113] beschrieb bei Leistungssportlern mit vorderen Kreuzbandrupturen Osteochondrosis dissecans-ähnliche Läsionen an der Lateralseite des medialen Femurcondylus durch wiederholten Kontakt mit der medialen Eminentia des Tibiahöckers.

Diese Beobachtung erklären SANDHOLZER et al. [113] durch die Ausbildung eines Zapfengelenkes zwischen dem hypertrophen medialen Tuberculum intercondylaris und der Lateralseite des medialen Femurcondylus als Zeichen eines Kompensationsvorganges des instabilen Kniegelenkes.

Neben der mechanischen Stabilisierung des Kniegelenkes muss auch die Funktion des Propriozeptoren-Systems beachtet werden. Das Fehlen der Funktion der Mechanorezeptoren aufgrund einer Kreuzbandruptur führt zu einem Verlust der propriozeptiven Schutzfunktion und somit zu einer Reduktion der muskulären Kontrolle der Gelenkposition [30,33,38,94,123].



## 4 Gelenkknorpel

### 4.1 Struktur des Gelenkknorpels

Im Kniegelenk findet sich hyaliner Knorpel, der die Femurcondylen, das Tibiaplateau und die Patellarückfläche überzieht.

Messungen von ECKSTEIN et al. [26] haben gezeigt, dass Männer – im Vergleich zu Frauen – im Kniegelenk ein um 30% höheres Knorpelvolumen aufweisen. Nach Normierung dieses Ergebnisses in Bezug auf das Körpergewicht und den Tibiakopfdurchmesser bestand jedoch kein geschlechtsspezifischer Unterschied mehr [20, 26].

Hyaliner Knorpel ist laut BENNINGHOFF ein Verbundsystem aus drei Elementen, den Chondrozyten, den collagenen Fibrillen und der hyalinen Grundsubstanz [9, 10].

Die quantitative Zusammensetzung ist abhängig von Entwicklungszustand und Alter des Menschen [20,27]. Die Anteile von Zellen und Matrix und somit auch die Zonenhöhen sind variabel. Da sich in der vorliegenden Studie nur erwachsene Patienten befinden, soll im weiteren lediglich die Knorpelstruktur des Adulten beschrieben werden.

Morphologisch lassen sich bei einem intakten Knorpel – aufgrund der Zellanordnung – von oben nach unten vier Schichten unterscheiden:

1. In der superfizialen Schicht verlaufen die collagenen Fasern parallel zur Gelenkoberfläche. Die Chondrozyten haben eine längliche Gestalt und die Kern-Plasma-Relation ist zugunsten des Kerns verschoben.
2. In der darunterliegenden Intermediärzone bilden die collagenen Fasern ein 3-D-Netzwerk. Hier ist die Kern-Plasma-Relation ausgewogen. Der Organellenreichtum der Zellen ist ein Zeichen für den aktiven Funktionszustand dieser Schicht.
3. Für die folgende radiäre Zone ist eine senkrecht zur Oberfläche befindliche Fasernanordnung in säulenartiger Ausrichtung typisch.

4. Die am tiefsten liegende kalzifizierende Schicht des Knorpels, in der man zwischen den collagenen Fasern Anzeichen für Kalkkristallisationspunkte erkennt, befindet sich auf der subchondralen Knochenplatte.

Trotz der Gliederung des Knorpels in vier Schichten, bilden dessen Fibrillen ein gemeinsames System. Sie verlaufen arkadenartig von der kalzifizierenden Schicht durch die radiäre und intermediäre Zone in die Superfizialschicht und nach einem kurzen parallelen Verlauf zur Gelenkoberfläche zurück in die kalzifizierende Schicht [10,47,110].

Obwohl die unterste kalzifizierende Schicht des Knorpels lediglich 5% der Gesamtdicke einnimmt, kommt ihr eine besondere Bedeutung zu, da sie über die corticale Endplatte die Verbindung zum Knochen eingeht. Diese Verbindung zum subchondralen Knochen lässt sich mit einer puzzleartigen Verknüpfung vergleichen [52].

Der hyaline Gelenkknorpel enthält weder Blut- noch Lymphgefäße oder Nervenfasern. Seine Ernährung erfolgt mittels Diffusion über die Synovialflüssigkeit. In der subchondralen Knochenschicht verlaufen in einem tunnelartigen System Blutgefäße, die zur Ernährung des Knorpels beitragen [10,20].

## 4.2 Funktion des Gelenkknorpels

Die wichtigsten biomechanischen Eigenschaften des Gelenkknorpels sind Elastizität, Dauerhaftigkeit, Lastenverteilungsvermögen und reibungsfreies Gleiten. Für das Kniegelenk, welches bereits im Alltag einem hohen Maß an Zug-, Druck- und Scherkräften ausgesetzt ist, ist dies von großer Bedeutung [52,111].

Wird auf einen elastischen Körper Druck ausgeübt, so nimmt er an Höhe ab und an Breite zu. Senkrecht zu der auftreffenden Kraft treten Zugspannungen auf.

Da der Gelenkknorpel ungleichmäßig auf dem Knochen befestigt ist, können die Bereiche die fest mit der Unterlage verbunden sind bei Druckeinwirkung nicht an der Querdehnung teilnehmen. Die freie Oberfläche ist jedoch dazu in der Lage und somit wirken sich die Zugspannungen dort am stärksten aus [111].

Der Elastizitätsfaktor ist abhängig von der Zusammensetzung der einzelnen Knorpelschichten. Die unkalzifizierten Schichten weisen die höchste Elastizität auf, während die kalzifizierende Schicht mit Verbindung zur corticalen Endplatte am wenigsten elastisch ist.

Bereits BENNINGHOFF beschrieb den Deformationsvorgang des Gelenkknorpels folgendermaßen: „Bei der Abflachung quillt das Material nach den Rändern zu, wo die stärksten Spannungen auftreten und dabei sich über die Grundfläche hinweg schiebt. In einer solchen Situation befindet sich der Gelenkknorpel bei der typischen Belastung.“ [10].

Durch den Einbau von Proteoglykanmolekülen wird dafür gesorgt, dass die Wassermoleküle, die mit bis zu 80% den Hauptanteil der Knorpelmatrix stellen, bei Druckbelastung in der Matrix verbleiben [10,47].

Von außen auf den Knorpel einwirkenden Kräften wird auf makromolekularem Niveau durch die Interaktion der Proteoglykane mit den Wassermolekülen, die Zunahme des Quellungsdruks und des osmotischen Drucks, sowie die elektrische Abstoßung aufgrund einer Zunahme der negativen Ladungsdichte entgegengewirkt [57].

Während der physiologischen Belastung eines Gelenkes verformen sich Knorpel und subchondraler Knochen. Dieser Vorgang ist notwendig für die Erhaltung der physiologischen Struktur. Diese Triggerfunktion führt zur Synthese von Proteoglycanen, Fibrillen und Knochen trabekeln [52].

Knochen ist ein besserer Kraftabsorbierer als Knorpel, so dass dem subchondralen Knochen eine wichtige Funktion bezüglich des Knorpelschutzes zukommt. Die subchondrale Schicht ist in der Lage, die auf das Gelenk einwirkende Last bis zu 30% abzuschwächen [52].

### **4.3 Makroskopie des Knorpelschadens**

Makroskopisch lässt sich der Zustand des Knorpels am besten im Rahmen einer Arthroskopie beurteilen. Hierbei ist sowohl eine ausgiebige Inspektion als auch eine Palpation mittels Tasthaken erforderlich.

Neben einem physiologisch intakten Knorpel gibt es Knorpelschäden verschiedenen Ausmaßes. Diese werden unter dem Begriff der Chondromalazie zusammengefasst, welcher lediglich die morphologische Beschreibung des Gelenkknorpels beinhaltet.

Es gibt verschiedene Stadieneinteilungen der Chondromalazie, von denen die arthroskopische nach GOODFELLOW dieser Studie zugrunde liegt. Er unterscheidet vier Stadien der basalen Degeneration [124]:

- Grad I: Hier liegt eine Erweichung des Knorpels bei intakter Oberfläche vor, die durch die Separation der tiefliegenden vertikalen Fasern hervorgerufen wird. Diese ist lediglich mittels Palpation mit einem Tasthaken festzustellen.
- Grad II: Bei ebenfalls erhaltener Oberfläche zeigt sich eine Vorwölbung, die durch eine Anhebung der oberflächlichen Schicht zustande kommt, wenn die tieferliegenden Schichten bereits eine zunehmende Degeneration aufweisen.
- Grad III: Durch Einrisse in der Oberfläche kommen die tieferliegenden Schichten frei zu liegen. Dies fällt inspektorisch bereits durch „Knorpelfransen“ auf.
- Grad IV: Durch eine Degeneration, die bereits die tieferen Schichten zerstört hat, liegt die subchondrale Knochenplatte frei. Dies zeigt sich als tiefer Knorpelkrater oder großflächige Knorpelglätze.

Mit Hilfe dieser Einteilung lässt sich der Knorpel im gesamten Kniegelenk beurteilen. Im einzelnen sind dies im medialen und lateralen Gelenkcompartment die Femurcondylen und die Tibiaplateaus sowie im Femoropatellargelenk die Patellarrückfläche und die Trochlea femoris.

Ein vorliegender Knorpelschaden ist der Beginn einer Arthrose, dem fortschreitende Destruktionen folgen, die alle Gelenkstrukturen ergreifen.

#### **4.4 Pathophysiologie des Knorpelschadens**

Gesundes Knorpelgewebe weist ein mechanisches Verhalten auf, das heißt, es kommt bei einer Krafteinwirkung auf die Knorpeloberfläche zu einer vorübergehenden Deformation. Diese Deformation entspricht der Elastizität des Gewebes.

Nach einer dynamischen Aktivität nimmt das Knorpelvolumen um durchschnittlich 6% ab und erreicht ca. 90 Minuten nach Entlastung durch den Flüssigkeitsrückstrom wieder sein Ausgangsvolumen [26].

Kommt es zu einer weiteren Druckeinwirkung, so führt die zunehmende Deformierung zu einer vermehrten Flüssigkeitsausweichung in weniger komprimierte Areale. Das Ausmaß

der Deformität ist abhängig von der einwirkenden Kraft, dem osmotischen Druck des Knorpels, der Elastizität des Collagens sowie der Permeabilität der Matrix [26].

Die Ernährung des Knorpelgewebes erfolgt nach vollständigem Schluss der Epiphysenfugen ausschließlich über die Blutgefäße der Gelenkkapsel. Der Nährstofftransport erfolgt über die Synovia, wofür die Gelenkbewegung Voraussetzung ist [20,96].

Bei Bandverletzungen bzw. der daraus folgenden Insuffizienz führen verschiedene Faktoren zur Zerstörung des Knorpels. Durch die gelockerte Gelenkführung kommt es zu einem chronischen Missverhältnis zwischen Belastung und Belastbarkeit des Knorpels, was sich in einem mechanischen Abrieb der Knorpeloberfläche äußert. Andererseits gehen Bandverletzungen meist mit einer Kapselverletzung einher. Diese Kapselschädigung heilt unter Bildung einer Narbe aus, was eine gestörte Durchblutung mit einem verminderten Stoffaustausch zur Folge hat. Zudem liegen oft rezidivierende Ergüsse vor, woraus eine Dehnung der Gelenkkapsel entsteht, die mit einer Kompression der Kapillaren und einer daraus resultierenden Minderdurchblutung einhergeht. Hierdurch kommt es wiederum zu einem verminderten Stoffaustausch. Die ergussbedingte Überdehnung der Bandstrukturen lässt eine weitere Lockerung der Gelenkführung mit einer unphysiologischen Belastung des Knorpels entstehen. Weiterhin bewirkt die Ergussbildung gehäuft eine reaktive Synovialitis, die dazu führt, dass sich intraartikulär vermehrt Leukozyten befinden, die durch Freisetzung bestimmter Enzyme den Knorpel andauern [6,20,129].

Die Wechselwirkung zwischen der mechanischen und enzymatischen Destruktion der Knorpeloberfläche führt letztendlich zu einem vollständigen Verschleiß des Knorpels mit Freilegung des subchondralen Knochens [20, 96].

Überlastungen des Knorpels und subchondralen Knochens führen zu strukturellen Veränderungen innerhalb nicht kalzifizierter Knorpelschichten, wobei ein Untergang der Fibrillen und die Produktion abnormer Matrix-Protein-Substanzen die Folge ist. Dies initiiert ein Knorpeloedem in der radiären Zone.

Nach weiter anhaltender Überlastung zeigen sich Unregelmäßigkeiten und Einrisse an der Knorpeloberfläche, während der subchondrale Knochen hierauf mit einer verminderten Vascularisation und Perfusion sowie fibrotischen und cystoiden Veränderungen seiner

Struktur reagiert. Lässt auch in diesem Zustand die Überlastung nicht nach, kann es zu einem kompletten Knorpelverlust kommen [52].

Die eingeschränkte Heilungsfähigkeit des Knorpels ist begründet im Fehlen von eigenen Blutgefäßen, der geringen Mitoserate der Knorpelzellen sowie einem Mangel an chondrogenen Zellen im Knorpeldefekt [96].

Reparaturversuche finden sich bei Mitverletzung des subchondralen Knochens – wegen der hier vorhandenen Blutgefäße – und enden häufig in Ausbildung eines fibrocartilaginären Narbengewebes. Dieser Faserknorpel ist von minderwertiger Qualität und weist schlechtere mechanische Eigenschaften auf [96].

KÄÄB et al. [60] zeigten in einer Studie die Knorpelveränderungen nach vorderer Kreuzbandruptur auf. In der ersten Woche nach dem Trauma verändert sich bereits die metabolische Aktivität – die bis zu einer Zerstörung des biochemischen Milieus gehen kann – und die Zusammensetzung des Knorpels.

Die nach der vorderen Kreuzbandruptur zur Erhaltung der Kniegelenksstabilität erforderliche Muskelzunahme führt zu einer Lastzunahme, die die mechanische Kapazität der Knorpelmatrix überschreitet. Bei ultrastrukturellen Untersuchungen fallen Schwellungen und Risse in der Matrix auf.

BRANDT et al. [125] durchtrennten operativ bei Hunden das Lig. cruciatum craniale, welches funktionell dem Lig. cruciatum anterius des Menschen gleichzusetzen ist, und führten wiederholt Kernspintomographien der Gelenke zur Beurteilung der Knorpelsituation durch. Dabei erhielten sie folgende Ergebnisse:

1. 36 Monate postoperativ: Knorpelverdichtung als Zeichen einer hypertrophen Knorpelreparation
2. 45 Monate postoperativ: fokaler Knorpelverlust im Bereich des medialen Femurcondylus
3. 54 Monate postoperativ: vollständiger Knorpelverlust im Bereich des medialen Femurcondylus

## 5 Arthrose

### 5.1 Definition und Einteilung

Bei einer Arthrose handelt es sich um eine Degeneration des Knorpelgewebes mit sekundärer Knochenläsion und entzündlich bedingter Schrumpfung der Gelenkkapsel [99].

Unterschieden werden primäre und sekundäre Arthrosen. Der primären Arthrose liegt eine biologische Minderwertigkeit des Gewebes unbekannter Ursache zugrunde, während für sekundäre Arthrosen mannigfaltige Ätiologien bekannt sind.

Besonders hervorzuheben sind als Auslöser für letztere die Überlastungssyndrome durch z.B. Gelenkdysplasien, Achsenfehlstellungen oder Instabilitäten.

Die zuvor genannte Definition der Arthrose ist als eine patho-anatomische Einheit völlig offensichtlich, aber die Beziehung zwischen klinischen Symptomen und morphologischen Veränderungen variiert stark [38].

### 5.2 Pathogenese

Initial kommt es zu einer Läsion des Gelenkknorpels unterschiedlichster Genese. Dies hat ein Missverhältnis zwischen Beanspruchbarkeit und tatsächlicher Beanspruchung zur Folge, was zu einem Untergang der Chondrozyten führt. Daraus folgt eine verminderte Proteoglykan- und Collagensynthese mit einer reduzierten Widerstandsfähigkeit des Knorpelgewebes und Knorpeluntergang. Oft kommt es zur Ausbildung einer reaktiven Synovitis.

Eine dauerhafte Überlastung führt in der Subchondralregion zur Entwicklung von kleinsten Markoedemen, Mikroblutungen, -frakturen oder -nekrosen. Dies hat eine Hyperämie mit Zellinfiltrationen und Proliferation von fibrovaskulärem Gewebe zur Folge.

Kommt es nicht zu einer Restitutio ad integrum, so führt die Defektheilung zur subchondralen Zystenbildung und Sklerosierung sowie Knochenneubildungen [48,49].

Wird die Überlastung des Gelenkes mit meist erhöhter Instabilität fortgesetzt, führt dies zu einer lokalen Aktivierung von Wachstumsfaktoren und lokalen Zugkräften. Die Folge sind Knochenneubildungen in Form von osteophytären Anbauten [14,55].

Welche Faktoren für die Entstehung einer Arthrose nach einer Verletzung des vorderen Kreuzbandes verantwortlich sind wird in der Literatur kontrovers diskutiert.

SOMMERLATH et al. [119] zeichnen Faktoren auf, die für eine Steigerung des Arthroserisikos im Kniegelenkes verantwortlich sind:

1. vordere Kreuzbandinsuffizienz
2. Z.n. Meniskusoperation
3. hohe sportliche Aktivität

SAXON et al. [114] gaben folgende Gründe an:

1. Gelenkdislokationen
2. Defizite der Muskulatur
3. Defizite der Propriozeption
4. Verlust sensorischer Innervation
5. Meniskusverlust



## 6 Radiologischer Befund

### 6.1 Allgemeine Arthrosezeichen im Röntgenbild

Im Röntgenbild gibt es verschiedene Erscheinungsbilder arthrotischer Veränderungen, die in Abhängigkeit von den verschiedenen Arthrostadien auftreten.

Der lokalisierte subchondrale Aufhellungssaum mit oder ohne Gelenkspaltverschmälerung ist als ein diagnostisches Frühzeichen zu werten. Als höhergradige radiologische Arthrosezeichen sind die subchondrale Sklerosierung und subchondrale Zystenbildung aufzufassen. Im späteren Stadium kommt es zu Knochenneubildungen in Form von Osteophyten in allen Kompartimenten. Dies führt zu einer Verbreiterung der Belastungsfläche.

Radiologische Kriterien des Spätstadiums sind Gelenkdeformitäten mit Fehlstellungen, freie Gelenkkörper, Chondrokalzinose und Ansatzverkalkungen von Bändern, Sehnen und Gelenkkapsel [14].

AHLBÄCK [38] klassifiziert die Arthrose im Röntgenbild folgendermaßen:

- Grad I: Gelenkspaltverschmälerung um 50%
- Grad II: völlig aufgehobener Gelenkspalt
- Grad III: geringer knöcherner Verschleiß
- Grad IV: moderater knöcherner Verschleiß
- Grad V: starker knöcherner Verschleiß
- Grad VI: Subluxation

FAIRBANK [38] beschrieb als Erster radiologische Veränderungen speziell nach Meniskusverletzungen.

1. Subchondrale Sklerosierung
2. Osteophyten
3. Gelenkspaltverschmälerung

## 6.2 Instabilitätsbedingte radiologische Veränderungen des Kniegelenkes

Besser als die Standardaufnahmen in zwei Ebenen eignet sich zur Überprüfung auf instabilitätsbedingte Veränderungen des Kniegelenkes die Rosenberg-Aufnahme, die in 45° Flexion und unter Abkipfung des Strahlengangs um etwa 20° als p.a.-Aufnahme angefertigt wird. Anhand der Gelenkspaltweite in dieser Aufnahme lassen sich Rückschlüsse auf das Ausmaß der Chondromalazie ziehen. Als seitliches Bild ist der radiologische Lachman-Test ideal, mit Hilfe dessen man das Ausmaß der Laxizität beurteilen kann [123].

Im Initialstadium einer Gonarthrose lassen sich radiologisch wenig Anzeichen degenerativer Veränderungen erkennen [54, 112, 123].

Typische Veränderungen in der Spätphase finden sich, vor allem bei gleichzeitig vorliegendem Zustand nach Meniskektomie:

1. Abflachung der Femurcondylen
2. Verbreiterung der tibialen Abstützfläche in der Sagittalebene
3. Reaktionen im Bereich der Eminentia intercondylaris und der Notch in Form von osteophytären Anbauten [123,30]

## 7 Kapsel-Band-Verletzungen

### 7.1 Einteilung der Kapsel-Band-Verletzungen

Ein intaktes collagenes Band kann bis zu einem gewissen Maß überdehnt werden, ohne dabei Längenveränderungen hinnehmen zu müssen. Das heißt, es ist reversibel dehnbar. Krafteinwirkungen, die die ligamentären Strukturen mehr als 5% verlängern, führen nach NOYES et al. [104] zu einer irreversiblen Schädigung.

Es sind drei Schweregrade von Bandverletzungen bekannt:

Grad I: Dehnung: Bei erhaltener Kontinuität erscheint das Band gelockert. Es lässt ein pathologisches Gelenkspiel zu.

Grad II: Partialruptur: Die Bandstruktur ist in ihrer Kontinuität erhalten, hat aber einzelne zerrissene Faserbündel. Die physiologische Stabilität ist deutlich beeinträchtigt.

Grad III: Komplettruptur: Die vollständige Kontinuitätsdurchtrennung gewährleistet keine Stabilität mehr.

Bei Bandverletzungen ersten Grades kommt es bei adäquater konservativer Therapie in der Regel zu einer Restitutio ad integrum.

Bei einer Partialruptur kann es bei entsprechender Ruhigstellung zu einer ausreichenden Vernarbung kommen. Dies gelingt jedoch gerade bei vorderen Kreuzbandverletzungen aufgrund der schlechten arteriellen Versorgung nicht immer, so dass eine Instabilität zurückbleibt.

Die Komplettruptur kann – bei günstigem Verlauf – auch unter konservativer Therapie zu einer suffizienten Narbenbildung führen, was allerdings weitaus seltener gelingt als bei Partialrupturen [93].

Das vordere Kreuzband ist häufig – isoliert oder in Kombination mit anderen Kapsel-Band-Strukturen – von Verletzungen betroffen. Die häufigste Ursache ist ein kombiniertes

Flexions-Außenrotations-Valgus-Trauma; auch eine Hyperextension oder Bagateltraumata können auslösend sein [33,123,133].

## 7.2 Einteilung der Kapsel-Band-Instabilitäten

Einer Vielzahl an Klassifikationen zur Einordnung der Kapsel-Band-Instabilitäten liegen unterschiedliche Einteilungskriterien zugrunde.

Einige Autoren richten sich nach der „Frische der Verletzung“, andere unterscheiden die Instabilitätsebenen oder klassifizieren nach der verletzten Struktur.

Unterschieden wird zwischen isolierten und komplexen Instabilitäten. Erstere sind aufgrund des engen Zusammenspiels der einzelnen Kapsel-Band-Strukturen relativ selten, jedoch kommt ihnen in Bezug auf das vordere Kreuzband eine besondere Bedeutung zu, da isolierte Rupturen in der Literatur häufig Diskussionen ausgesetzt sind.

Isolierte Rupturen sind in der Regel gerade Instabilitäten, hierbei ist eine vermehrte Bewegung des Gelenkes nur in einer Ebene möglich. Hierzu gehören die mediale und laterale sowie die vordere und hintere Instabilität [50,123].

Eine Komplexinstabilität entsteht bei Verletzung mehrerer Bestandteile des Kapsel-Band-Apparates und lässt in der Regel pathologische Beweglichkeiten in Rotation und Translation zu. Hierzu zählt die anteromediale und -laterale sowie die posteromediale und -laterale Instabilität [121,123]. Weiterhin besteht noch die Möglichkeit einer Kombination der oben genannten Instabilitäten.

Jede Instabilität wird zusätzlich nach Schweregraden eingeteilt, wobei dies anhand des Ausmaßes der Translation/Rotation in Millimetern geschieht.

Es entsprechen 0-5 mm (+) einer leichten, 6-10 mm (++) einer mittleren und >10 mm (+++) einer ausgeprägten Instabilität [50,121,123].

Bei kombinierten vorderen Kreuzbandverletzungen liegt meistens eine anteromediale Instabilität vor, da es im Rahmen des „unhappy triad“ nach O'DONOGHUE zu einer Mitverletzung des Lig. collaterale mediale und des Innenmeniskus kommt [105,106]. Auch anterolaterale Instabilitäten sind möglich.

## 8 Folgeschäden bei chronischer Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes

In zahlreichen Studien konnte belegt werden, dass der Verlust der Funktion des vorderen Kreuzbandes für multiple Folgeschäden verantwortlich ist [83,108,116].

Da eine muskuläre Kompensation einer vorderen Kreuzbandinsuffizienz nicht komplett gelingt, kommt es zur Ausbildung einer chronischen Instabilität, bei der sich der zentrale Drehpunkt, der physiologischerweise im Bereich der medialen Eminentia intercondylaris liegt, verlagert. Bei Bandverletzungen verlagert sich die Rotationsachse entgegengesetzt zur Verletzungsanatomie; im Falle einer anteromedialen Instabilität folglich nach posterolateral [85,93].

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes bedeutet den Ausfall eines wichtigen Gliedes der Vier-Gelenkkette, wodurch es zu einem gestörten Roll-Gleit-Mechanismus kommt. Dies führt vor allem in den anterioren Gelenkabschnitten zu abnormen Gleitbewegungen und verstärkt einwirkenden Scherkräften [85,86].

Das klinische Korrelat des gestörten Roll-Gleit-Mechanismus ist das Giving-way-Phänomen. Dem entspricht bei der Untersuchung das Pivot-shift-Phänomen [76, 101].

Nach vorderen Kreuzbandverletzungen gehäuft auftretende Folgeschäden sind: Knorpelschäden, Meniskusläsionen und sekundäre Bandlockerungen [36,43,84,108,116,123].

Die Knorpelläsionen finden sich typischerweise am medialen Femurcondylus eminentianah und seltener auch retropatellar.

Im Anfangsstadium der Knorpelschädigung sieht man arthroskopisch häufig horizontale Knorpelriefen im Bereich des medialen Femurcondylus [116,123,113].

Nicht selten kommt es zur Ausbildung einer Gonarthrose, die als eine Folgeerscheinung der Roll-Gleit-Desintegration und der Knorpelläsion infolge Meniskusbeschädigung bzw. der Knorpelabscherung aufgefasst wird.

In der Literatur gibt es unterschiedliche Auffassungen bezüglich der Ursache für die nach vorderer Kreuzbandverletzung eintretenden Folgeverletzung, insbesondere der Arthroseentstehung.

In zahlreichen Studien wird die Gelenkinstabilität für die erhöhte Rate an Folgetraumen und Arthroseentwicklung verantwortlich gemacht [36,61,72,79,88].

Bereits in tierexperimentellen Studien wurde ein Zusammenhang zwischen Gelenkspiel und Arthrose nachgewiesen. [79].

Nach LANDSIEDL et al. und GENELIN et al. [36,72] ist das Ausmaß der bestehenden vorderen Kreuzbandinstabilität ausschlaggebend für die Ausprägung der Folgeschäden.

Weiterhin kommen oben genannte Autoren in ihren Studien zu dem Resultat, dass weniger die dauerhaften Mikrotraumen, als vielmehr die wiederholten akuten Dislokationen des Kniegelenkes für die Entstehung der Folgeschäden verantwortlich sind. Insbesondere trifft dies für die Meniskusfolgeschäden zu.

MESSNER et al. [88] stellten den Vergleich von konservativ behandelten Patienten mit einer Partialruptur des vorderen Kreuzbandes mit Patienten, bei denen es zu einer Komplettruptur gekommen war, an. Letztere zeigten weitaus häufiger und in stärkerem Ausmaß arthrotische Veränderungen. Ebenso wiesen diese Patienten häufiger eine Meniskusfolgeverletzung auf. KANNUS et al. [61] kamen in einer vergleichbaren Studie zu ähnlichen Ergebnissen.

Sowohl nach MC DANIEL und DAMERON [83] als auch nach NOYES et al. [102] ist weniger das Ausmaß der Instabilität als der Zeitfaktor ausschlaggebend für die Ausprägung der Folgeschäden. Sie stellten einen zeitlichen Zusammenhang bezüglich der Arthroseentstehung bei Patienten mit unbehandelten oder konservativ therapierten vorderen Kreuzbandrupturen fest.

Meniskusverletzungen treten häufiger medial als lateral auf. Im Bereich des Innenmeniskus finden sich häufig basisnahe Längsrisse am Hinterhorn oder Korbhockelläsionen; auch Rampenläsionen sind keine Seltenheit. Der Außenmeniskus wird gehäuft durch Längsrisse oder Korbhockelläsionen zerstört. Im Vorderhornbereich lassen sich arthroskopisch oft Auffaserungen nachweisen [36,123].

Der Verlust eines oder beider Menisken hat eine Zunahme der Instabilität des Kniegelenkes sowie der Knorpelschäden zur Folge.

MALETIUS et al. [78] fanden eine höhere Arthroseinzidenz bei vorderen Kreuzbandinsuffizienzen, wenn gleichzeitig eine Läsion der Menisken bestanden hat.

SOMMERLATH et al. [119] verglichen Patienten mit Zustand nach totaler Resektion eines oder beider Menisken mit solchen, bei denen eine partielle Meniskektomie durchgeführt wurde. Erstere Gruppe zeigte häufiger und ausgeprägtere arthrotische Gelenkveränderungen.

## 9 Beurteilung der Kniegelenkstabilität

Es wird zwischen der Instabilität und der Laxizität unterschieden. Unter der Instabilität versteht man das subjektive Gefühl der Stabilitätsminderung durch den Patienten, während die Laxizität das objektiv vom Untersucher feststellbare Ausmaß einer Bandlockerung angibt [57,93].

Im Rahmen der Anamnese, die ein entscheidender Bestandteil für die Beurteilung der Kniegelenkstabilität ist, wird der Patient gefragt, ob er ein „Unsicherheitsgefühl“ verspüre. Das Ergebnis wird als subjektive Stabilität oder Instabilität bezeichnet.

Bei der präoperativen Prüfung der Laxizität durch die ärztliche Untersuchung ist eine isolierte Betrachtung des vorderen Kreuzbandes nicht möglich, da die passiven Stabilisatoren in einem komplexen Zusammenspiel stehen [12,41,43,45,121,123].

Sowohl die manuelle als auch die apparative Beurteilung der Stabilität des vorderen Kreuzbandes zählen zum objektiven Stabilitätszustand.

### 9.1 Manuelle Untersuchungen

Untersuchungen, die eine hohe Spezifität für die Beurteilung des vorderen Kreuzbandes aufweisen, wie der Lachman- und der Pivot-shift-Test, werden präoperativ durchgeführt.

#### 9.1.1 Lachman-Test

Als Lachman-Test bezeichnet man die passive Prüfung der vorderen Schublade in Extensionsnähe [126].

In 30°-Flexion-Position wird bei fixiertem Oberschenkel die Tibia nach ventral bewegt, wobei darauf zu achten ist, dass die Tibia sich in ihrer Mittellage befindet, um eine hintere Schublade auszuschließen.

Die extensionsnahe Stabilitätsprüfung bietet gegenüber der in 90° Flexion erhebliche Vorteile, da das vordere Kreuzband in der 30°-Position eine große funktionelle Bedeutung hat (z.B. Richtungswechsel, Abstoppen) [57,63,80,123].



Die Einteilung des Lachman-Tests ist abhängig vom ventralen Tibiaschub:

Grad I: 0-5 mm

Grad II: 6-10 mm

Grad III: > 10 mm

### 9.1.2 Pivot-shift-Test

Der Pivot-shift-Test gehört zu den dynamischen anterioren Subluxationstests, die bei einer Ruptur oder Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes meist positiv ausfallen.

Bei insuffizientem oder rupturiertem vorderem Kreuzband subluxiert das laterale Tibiaplateau nach ventral. Führt man aus dieser Stellung unter Valgusstress eine Flexion bis etwa 30° durch, kommt es zu einer Kippung der dorsalen Tibiakante, die sich dann an den lateralen Femurcondylus stemmt.

Weiterhin erhöht sich die Spannung des Tractus iliotibialis, der bei weiterer Flexion durch entsprechenden Zug das laterale Tibiaplateau ruckartig aus seiner ventralen Subluxation nach dorsal reponiert. Voraussetzung hierfür ist jedoch die Intaktheit des Tractus iliotibialis [56,76,101,123].

Eine reflektorische Muskelanspannung der Patienten kann zu Schwierigkeiten bei der Untersuchung führen, weshalb ein gutes Vertrauensverhältnis zwischen Arzt und Patient von großer Bedeutung ist.

Die Gradeinteilung des Pivot-shift-Tests in Abhängigkeit von dem Rotationsausmaß wurde von JAKOB et al. entwickelt [56].

Grad I: positiver Pivot-shift-Test in Innenrotation

Grad II: positiver Pivot-shift-Test in Innen- und Neutralrotation

Grad III: positiver Pivot-shift-Test in Außen- und Neutralrotation (abgeschwächt in Innenrotation)

## 9.2 Instrumentelle Untersuchung

Da die manuelle Untersuchung der Laxizität vom Erfahrungswert des Untersuchers abhängt, ist zur besseren Objektivierung des Laxizitätsausmaßes ein weiteres Diagnostikverfahren notwendig. Mittels einer instrumentellen Untersuchung ist eine Quantifizierung möglich. Hierfür ist eine Reihe von Messgeräten bekannt. Für das untersuchte Patientenkollektiv stand das KT-1000-Messgerät zur Verfügung.

### 9.2.1 KT-1000

Das KT-1000-Messgerät (knee ligament arthrometer) wurde 1982 von DANIEL et al. [22, 23] entwickelt und gilt, aufgrund seiner einfachen Handhabung und der ausreichenden Erfahrungen hiermit [2,21,49,133], als das beste Testgerät.

Bestimmt wird die anteriore Tibiatranslation in extensionsnaher Position, was unter den manuellen Untersuchungsmethoden dem Lachman-Test entspricht.

Das Gerät besitzt zwei Auflageflächen, die auf der Patella und der Tuberositas tibiae aufgesetzt werden. Das übrige Gehäuse liegt der Unterschenkelvorderseite an.

Mit Hilfe einer Oberschenkelunterlage, die unter dem distalen Femur positioniert wird, erzeugt man eine Kniegelenksflexion von etwa 30°.

Durch eine Fußstütze liegen die Beine in leichter Außenrotation und haben so eine entspannte Position.

Der Messwert in Millimetern entspricht der anterioren Tibiabewegung im Verhältnis zur Patella.

Die Einteilung der Messergebnisse erfolgt in der vorliegenden Studie ähnlich der bei dem Lachman-Test:

Grad I: 0-5 mm

Grad II: 6-10 mm

Grad III: 11-15 mm

Grad IV: 16-20 mm

Grad V: 21-25 mm

Die Untersuchung wurde sowohl an der intakten als auch an der verletzten Seite durchgeführt und aus den Messwerten die Seitendifferenz errechnet.

## 10 Material und Methode

Die vorliegende Studie berichtet über 173 Patienten (150 Männer und 23 Frauen), die aufgrund einer vorderen Kreuzbandruptur im Zeitraum von Januar 1993 bis Januar 1996 im Klinikum St. Elisabeth in Straubing durch die Belegärzte der orthopädischen Gemeinschaftspraxis Straubing – PD Dr. med. M. Strobel und Dr. med. H.-J. Eichhorn – am Kniegelenk operiert wurden.

Bei allen in die Studie aufgenommenen Patienten lag eine Komplettruptur des vorderen Kreuzbandes vor, die noch nicht mit operativen Maßnahmen vorbehandelt war.

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes wurde mit einer vorderen Kreuzbandplastik mittels Patellasehne, Semitendinosussehne oder einer Kombination aus Semitendinosus- und Gracilissehne versorgt.

Auswahlkriterien waren:

1. das Rupturalter als Zeitraum zwischen auslösendem Trauma und Operation
2. die Ausprägung der Knorpelschäden

Bezüglich des Rupturalters wurden alle Patienten mit einem Rupturalter > 10 Jahren in die Studie aufgenommen.

Hinsichtlich der Knorpelschäden wurden alle Patienten ausgewählt, bei denen im Rahmen der Kreuzbandoperation arthroskopisch eine Chondromalazie IV° – unabhängig von der Lokalisation – diagnostiziert wurde.

Es erfolgte eine Aufteilung der Patienten nach dem Rupturalter in drei Untergruppen.

	<b>Gruppe I</b>	<b>Gruppe II</b>	<b>Gruppe III</b>	<b>Σ I-III</b>
<b>Patientenanzahl</b>	53	43	77	173
<b>Patientenalter</b>	19-60 Jahre	23-66 Jahre	21-58 Jahre	19-66 Jahre
<b>durchschnittliches Patientenalter</b>	34,0 Jahre	34,2 Jahre	37,0 Jahre	35,4 Jahre
<b>Rupturalter</b>	0-5 Jahre	6-10 Jahre	> 10 Jahre	0-30 Jahre
<b>durchschnittliches Rupturalter</b>	2,1 Jahre	8,3 Jahre	14,8 Jahre	9,3 Jahre

**Tab. 1** Gruppenverteilung

Auf eine geschlechtsbezogene Untersuchung wurde aufgrund des Ungleichgewichts von 150 männlichen zu 23 weiblichen Patienten verzichtet.

Die Patienten der Gruppen I und II wurden alle aufgrund eines viertgradigen Knorpelschadens in die Studie aufgenommen. In Gruppe III hatten alle Operierten ein Rupturalter > 10 Jahre, aber 30 (39%) zeigten zudem auch eine Chondromalazie IV°.

Zur Auswertung standen die präoperativen Untersuchungsbögen, die Operationsprotokolle sowie die Standardröntgenaufnahme der Kniegelenke in zwei Ebenen zur Verfügung.

Aus den präoperativen Untersuchungsbögen wurden folgende Informationen gewonnen:

1. Patientenalter
2. Geschlecht
3. Rupturalter
4. Subjektive Gelenkstabilität / -instabilität
5. Objektive Gelenklaxizität: Lachmantest  
Pivot-shift-Test  
KT-1000-Wert

Die Operationsprotokolle dienten zur Bestimmung von:

1. Chondromalazieausprägung und -lokalisierung
2. Meniskusbefunden
3. Operationsmethode

Die Auswertung der Röntgenbilder erfolgte hinsichtlich der radiologischen Arthrosezeichen:

<b>A.-p.-Aufnahme</b>	mediales und laterales Kompartiment	Osteophyten
		subchondrale Sklerosierung
		Konturunregelmäßigkeiten
	Eminentia intercondylaris	Ausziehungen
		Verplumpungen
	Notch	Osteophyten
Einengung		
<b>Seitliche Aufnahme</b>	dorsaler Gelenkbereich	Osteophyten
	Area intercondylaris	Osteophyten
	Femoropatellargelenk	Osteophyten
		subchondrale Sklerosierung

**Tab. 2** Kriterien für die Auswertung der Röntgenbilder

## 11 Ergebnisse

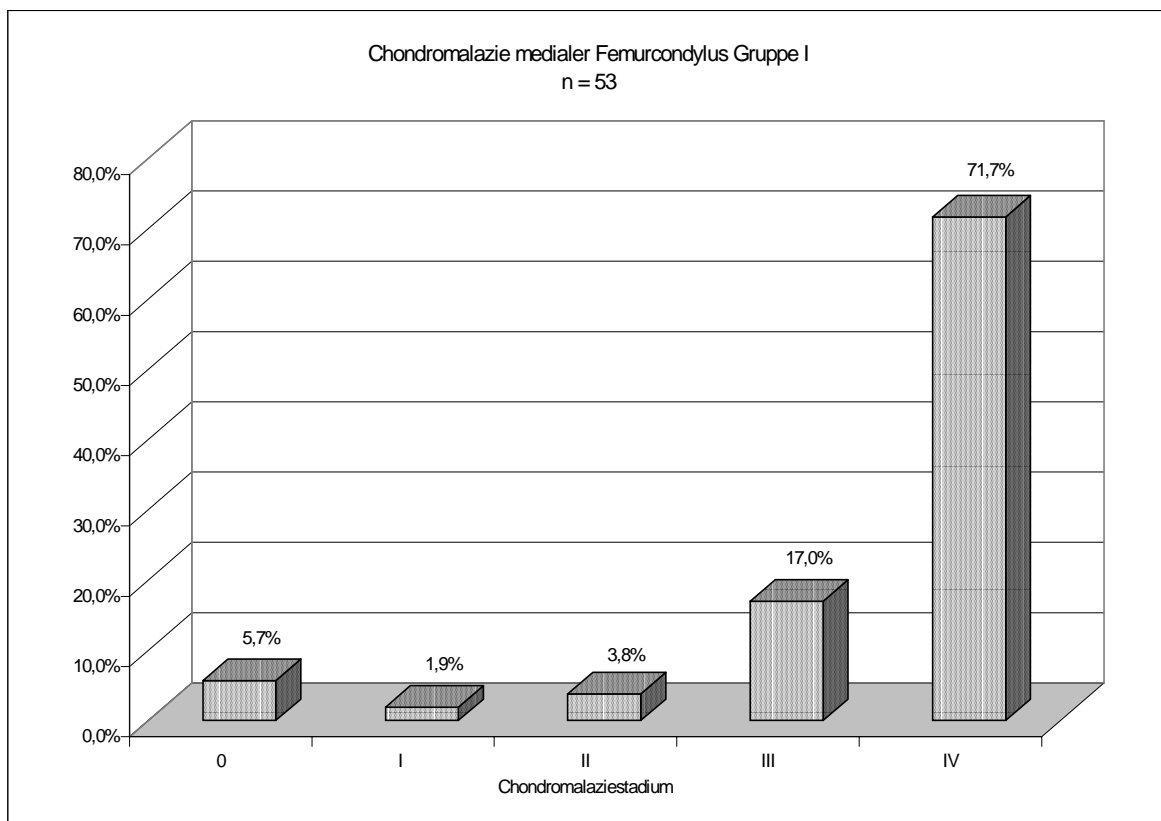
Im Folgenden werden die Ergebnisse der eigenen Auswertung dargelegt. Dabei wird der Zustand des Gelenkknorpels, der Einfluss möglicher Auslösefaktoren der Knorpelschäden sowie die radiologischen Befunde beurteilt.

### 11.1 Knorpelbefund

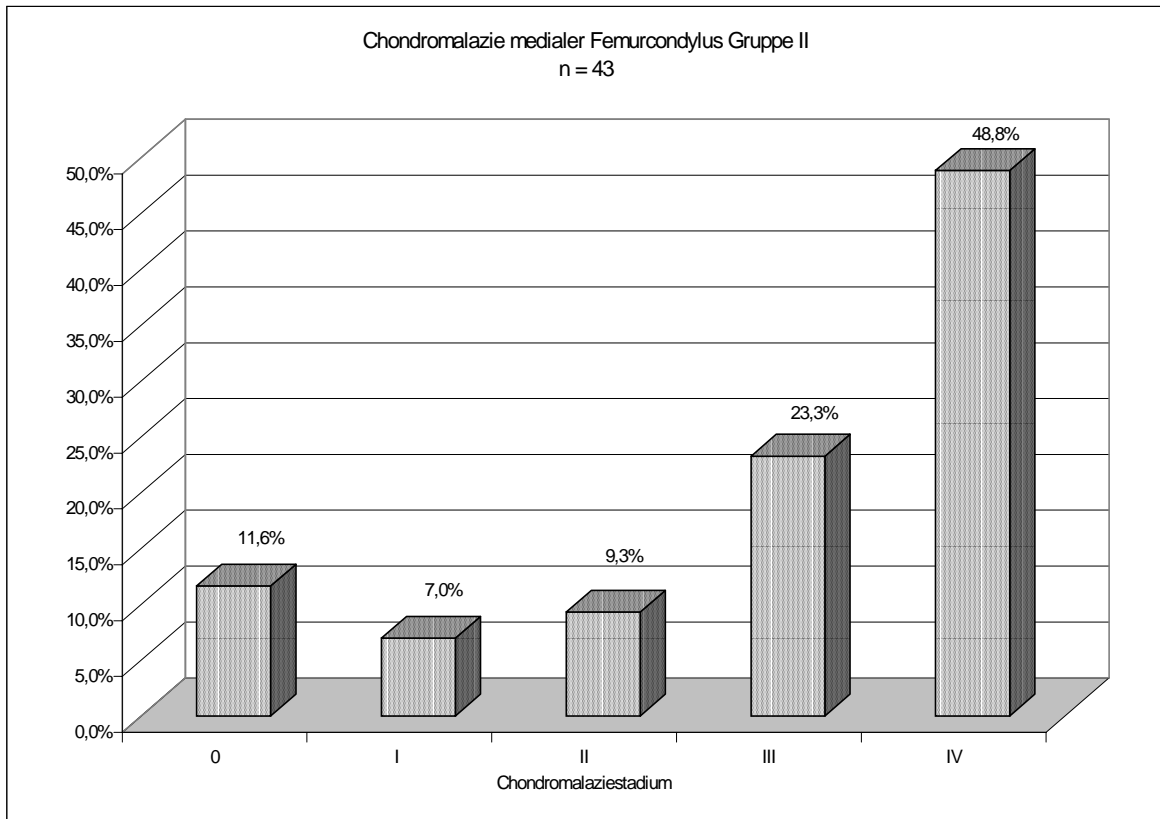
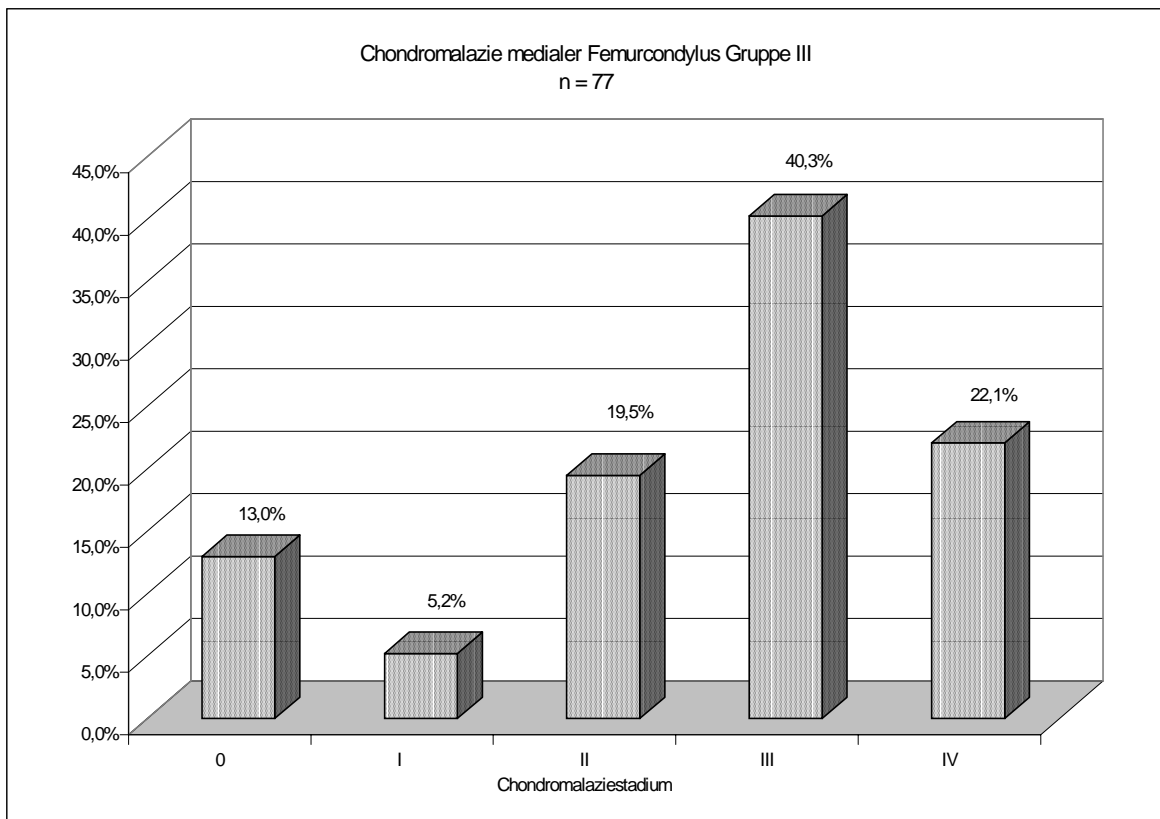
Anhand der Operationsprotokolle wurde die Lokalisation und die Ausprägung der Chondromalazie bewertet.

#### 11.1.1 Mediales Kompartiment

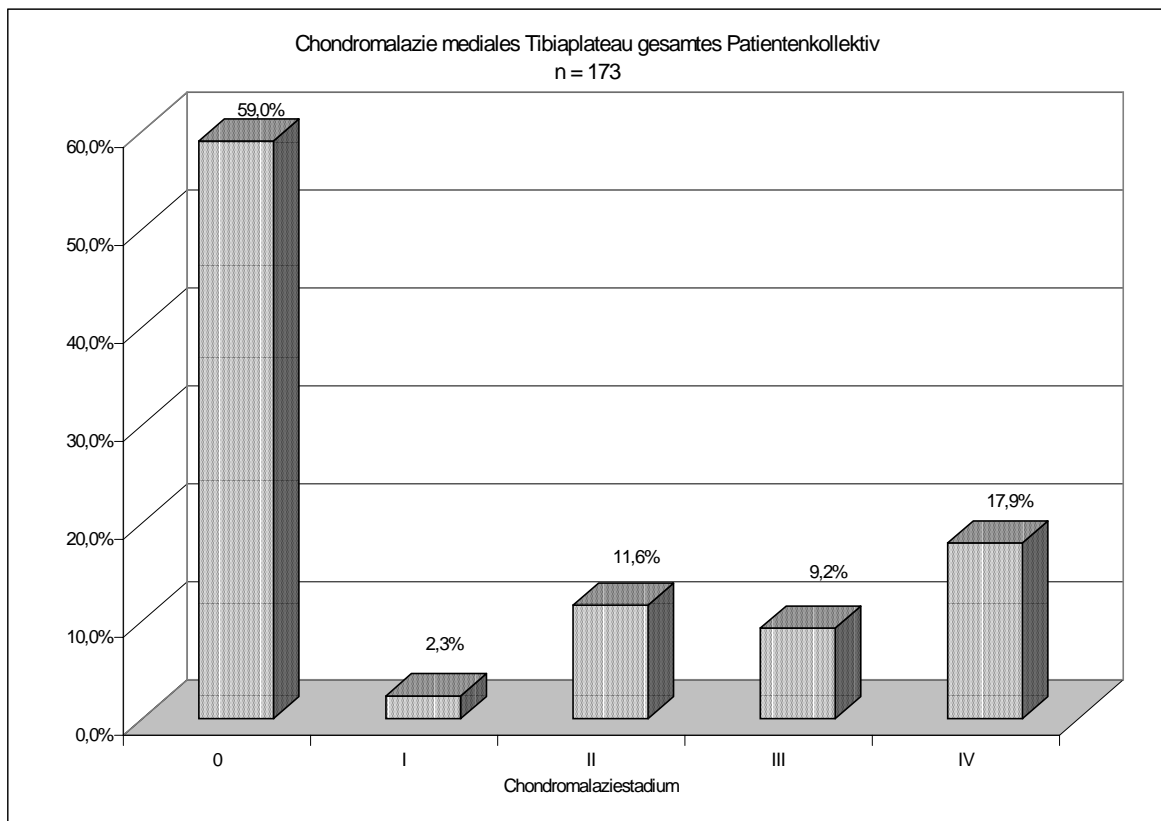
Das mediale Kompartiment ist häufigster Sitz von Knorpelschäden, wobei diese vor allem den medialen Femurcondylus betreffen. 155 (89,6%) Patienten zeigten dort eine geschädigte Knorpeloberfläche. Prozentual gesehen sind in allen Patientengruppen ähnliche Ergebnisse festzustellen. Unabhängig des Rupturalters überwiegen die Chondromalaziegrade III und IV. 126 (72,8%) Patienten des gesamten Patientenkollektivs sind hier einzuordnen (s. **Abb. 1-3**).



**Abb. 1** Chondromalazie medialer Femurcondylus Gruppe I

**Abb. 2** Chondromalazie medialer Femurcondylus Gruppe II**Abb. 3** Chondromalazie medialer Femurcondylus Gruppe III

Betrachtet man im Vergleich dazu die Auswertung des medialen Tibiaplateaus, liegen zwar auch dort weitaus häufiger Knorpelschäden vor als im lateralen Kompartiment, diese sind jedoch mit durchschnittlich 41% deutlich seltener als am medialen Femurcondylus. Hier überwiegen ebenfalls in allen Patientengruppen die dritt- und viertgradigen Schäden (s. **Abb. 4**).

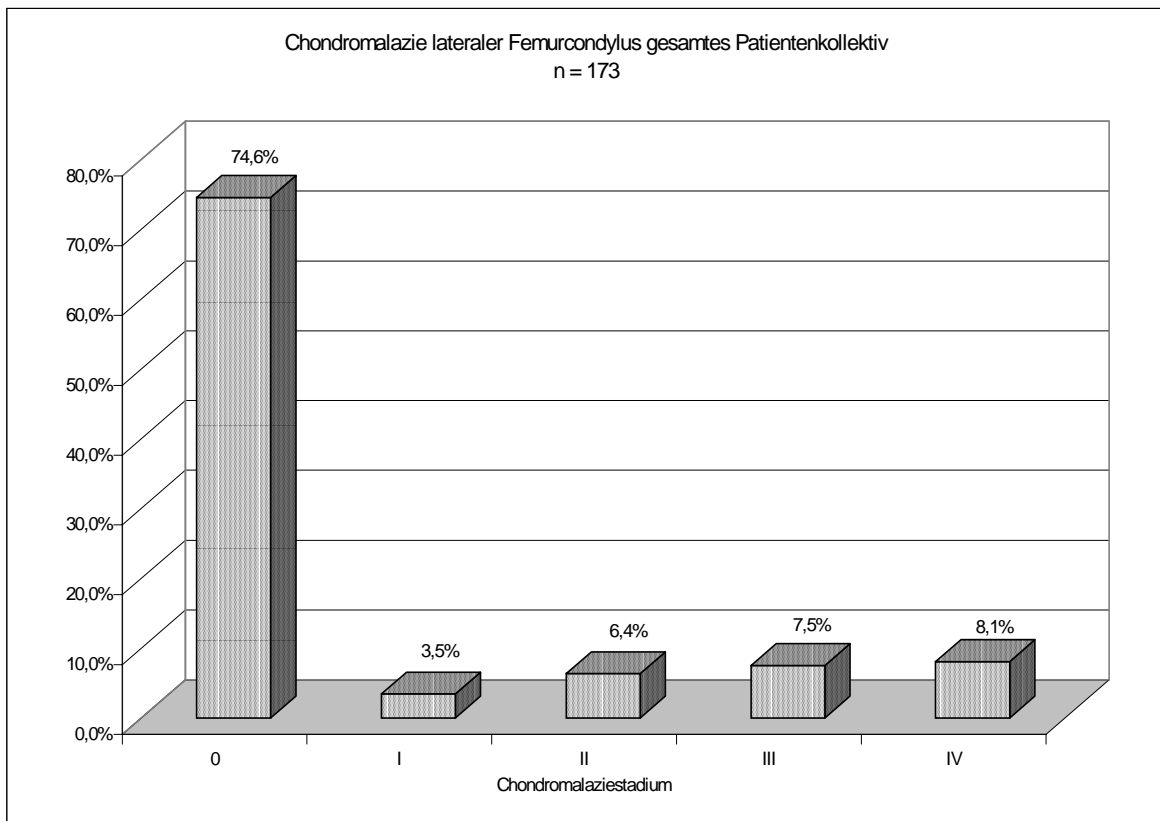


**Abb. 4** Chondromalazie mediales Tibiaplateau gesamtes Patientenkollektiv

### 11.1.2 Laterales Kompartiment

Das laterale Kompartiment ist am wenigsten von Knorpelschäden betroffen. Der laterale Femurcondylus ist in 74,6%, das laterale Tibiaplateau in 81,5% der Fälle frei von pathologischen Befunden.

Die von einer Chondromalazie betroffenen Patienten verteilen sich annähernd gleich auf die vier Ausprägungsgrade (s. **Abb. 5**).



**Abb. 5** Chondromalazie lateraler Femurcondylus gesamtes Patientenkollektiv

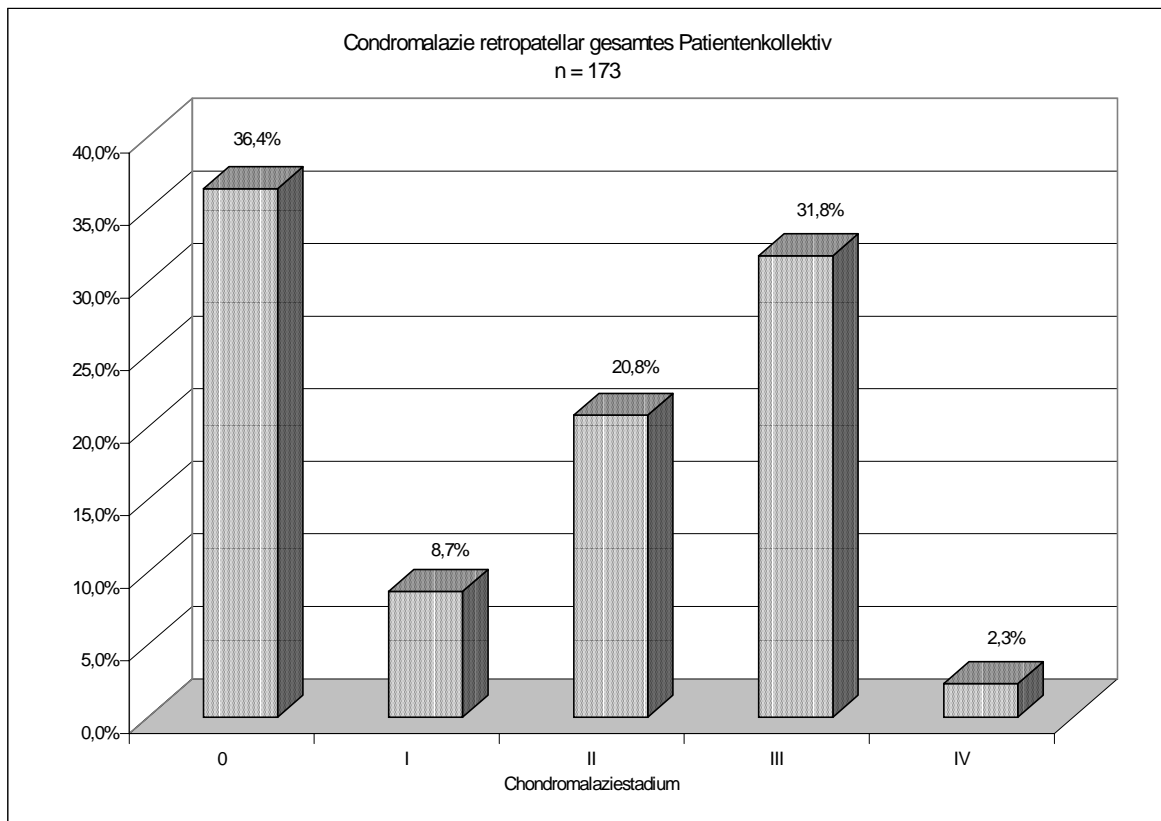
### 11.1.3 Femoropatellargelenk

Die Befundkonstellation an der Trochlea femoris zeigt Parallelen zum lateralen Kompartiment (s. **Tab. 3**), während an der retropatellaren Gelenkfläche eine weitere Häufung an Knorpelläsionen mit einem deutlichen Maximum an drittgradigen Schäden (31,8%) zu verzeichnen ist. Eine Chondromalazie IV° (2,3%) wird jedoch selten diagnostiziert (s. **Abb. 6**).

Chondromalazie Trochlea femoris								
Chondromalazie	Gruppe I		Gruppe II		Gruppe III		Σ I-III	
<b>0</b>	46	86,8%	33	76,7%	63	81,8%	142	82,1%
<b>I°</b>	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<b>II°</b>	0	0,0%	0	0,0%	2	2,6%	2	1,2%
<b>III°</b>	4	7,5%	2	4,7%	8	10,4%	14	8,1%
<b>IV°</b>	3	5,7%	8	18,6%	4	5,2%	15	8,7%

**Tab. 3** Chondromalazie Trochlea Femoris





**Abb. 6** Chondromalazie retropatellar gesamtes Patientenkollektiv

## 11.2 Instabilität

Die Frage nach einem subjektiven Unsicherheitsgefühl des verletzten Kniegelenkes wird von 90% aller Patienten bejaht. Dieser hohe Wert zieht sich bei den männlichen und weiblichen Patienten durch alle Untersuchungsgruppen.

Bei der Gegenüberstellung dieser Ergebnisse mit denen der Knorpelbefunde zeigt sich vor allem am medialen Femurcondylus ein deutlicher Zusammenhang zwischen vorhandener Instabilität und Knorpelschaden.

Neben der Tatsache, dass die dritt- und viertgradigen Schäden dominierten, zeigt der Vergleich der drei Untergruppen auch, dass bei zunehmendem Rupturalter der Anteil der Maximalschäden nicht zunimmt.

Die folgende Tabelle beinhaltet alle Patienten, bei denen es bei vorhandener Instabilität bereits zu einer Chondromalazie III° oder IV° im Bereich des medialen bzw. des lateralen Femurcondylus gekommen ist (s. **Tab. 4 und 5**).

	CM III° med. FC		CM IV° med. FC		Σ CM III+IV med. FC	
<b>Gruppe I</b>	9	17,0%	34	64,2%	43	81,2%
<b>Gruppe II</b>	10	23,3%	17	39,5%	27	62,8%
<b>Gruppe III</b>	29	37,7%	14	18,2%	43	55,9%
<b>Σ I-III</b>	48	27,7%	65	37,6%	113	65,3%

**Tab. 4** Chondromalazie III° und IV° medialer Femurcondylus

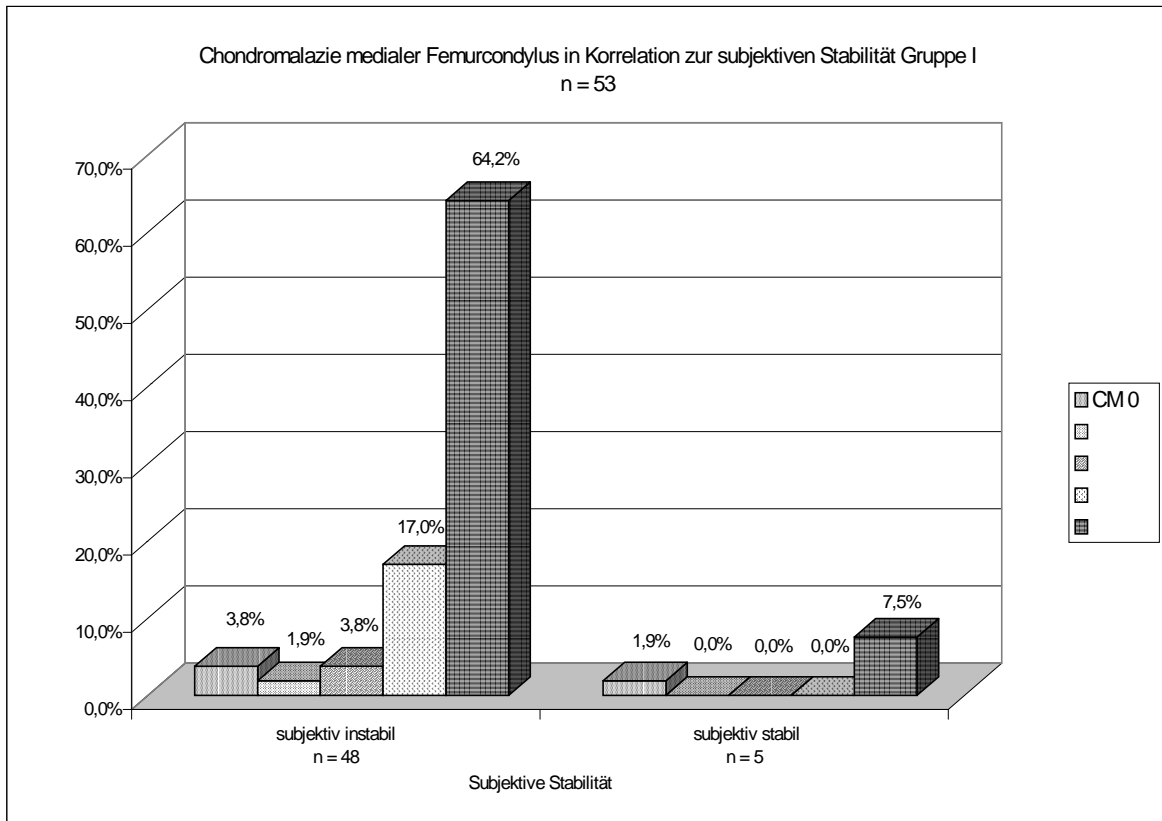
Als Gegenbeispiel dienen die Ergebnisse des lateralen Femurcondylus.

	CM III° lat. FC		CM IV° lat. FC		Σ CM III+IV lat. FC	
<b>Gruppe I</b>	2	3,8%	2	3,8%	4	7,6%
<b>Gruppe II</b>	5	11,6%	5	11,6%	10	23,2%
<b>Gruppe III</b>	6	7,8%	6	7,8%	12	15,6%
<b>Σ I-III</b>	13	7,5%	13	7,5%	26	15,0%

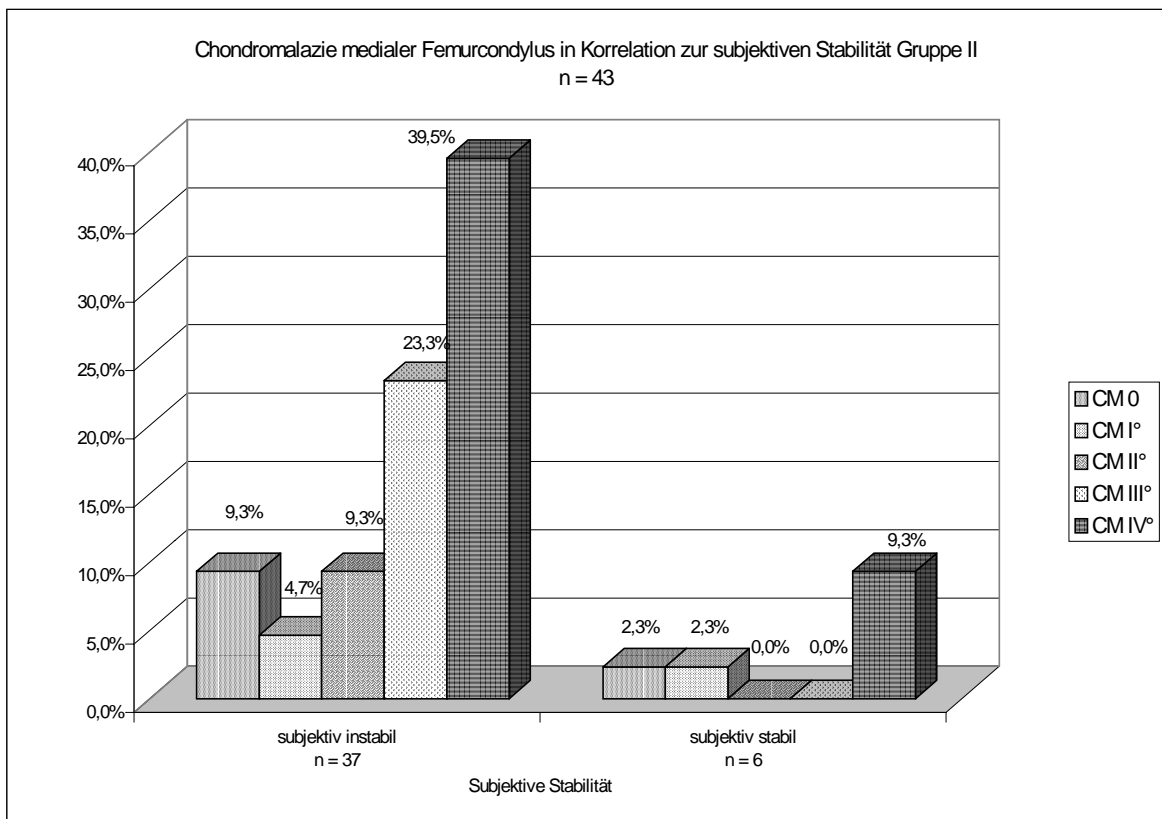
**Tab. 5** Chondromalazie III° und IV° lateraler Femurcondylus

Neben der Tatsache, dass nur bei 25,4% aller Patienten im Bereich des lateralen Femurcondylus arthroskopisch eine Schädigung des femoralen Knorpelüberzuges diagnostiziert wurde, lässt sich hier keine Tendenz zu dritt- oder viertgradigen Läsionen erkennen. Ein analoges Bild findet sich für das Knorpelareal der Trochlea femoris sowie des lateralen und medialen Tibiaplateaus, wohingegen die retropatellare Gelenkfläche eine Zwischenstellung einnimmt. Dort lassen sich zwar deutlich weniger Schäden als am medialen Femurcondylus nachweisen, aber etwa ein Drittel aller Patienten ist von einer Chondromalazie dritten oder vierten Grades betroffen.

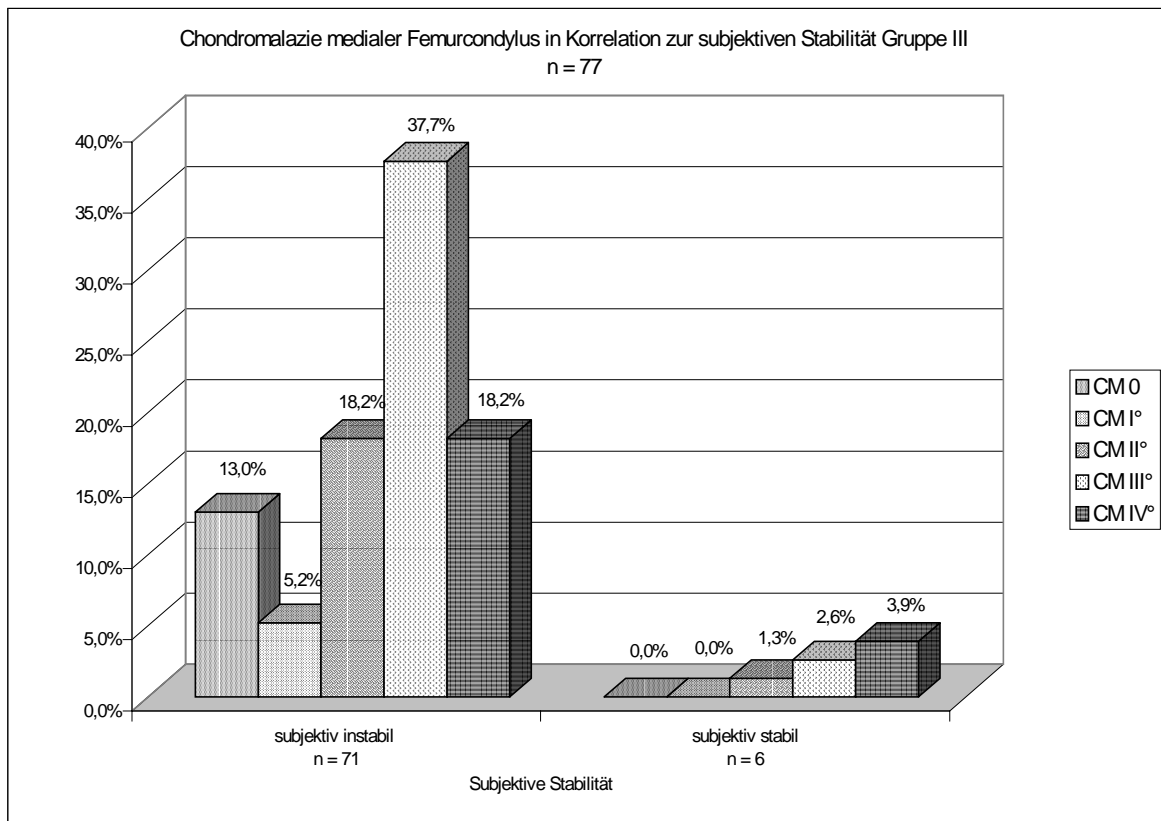
Der Vergleich der Patientengruppen mit verschiedenem Rupturalter lässt auch hier nicht den Rückschluss zu, dass bei älteren Verletzungen die Knorpelschäden häufiger und ausgeprägter auftreten (s. **Abb. 7-9**).



**Abb. 7** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subjektiven Stabilität Gruppe I



**Abb. 8** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subjektiven Stabilität Gruppe II



**Abb. 9** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subjektiven Stabilität Gruppe III

## 11.3 Laxizität

Als manuelle Untersuchungstechnik wurden die Befunde des Lachmantests sowie des Pivot-shift-Tests verwertet. Die KT-1000-Messung diente der instrumentellen Bewertung der Laxizität.

### 11.3.1 Lachmantest

Der Anteil der Patienten, bei denen der Lachman-Test am verletzten Kniegelenk als erstgradig eingestuft wird, ist vernachlässigbar klein.

Einen Lachmantest II° weisen präoperativ 71 (41,0%) Patienten auf, weitere 101 (58,4%) haben ein drittgradiges Testergebnis.

Fast alle Patienten, die subjektiv das Gelenk als stabil empfinden, weisen objektiv eine pathologische Laxizität auf.

Der Vergleich der drei Patientengruppen verschiedenen Rupturalters zeigt eine Zunahme der Laxizität je länger die Verletzung zurückliegt (s. **Tab. 6**).

	Gruppe I		Gruppe II		Gruppe III	
<b>LMT II°</b>	28	52,8%	19	44,2%	24	31,2%
<b>LMT III°</b>	25	47,2%	24	55,8%	52	67,5%

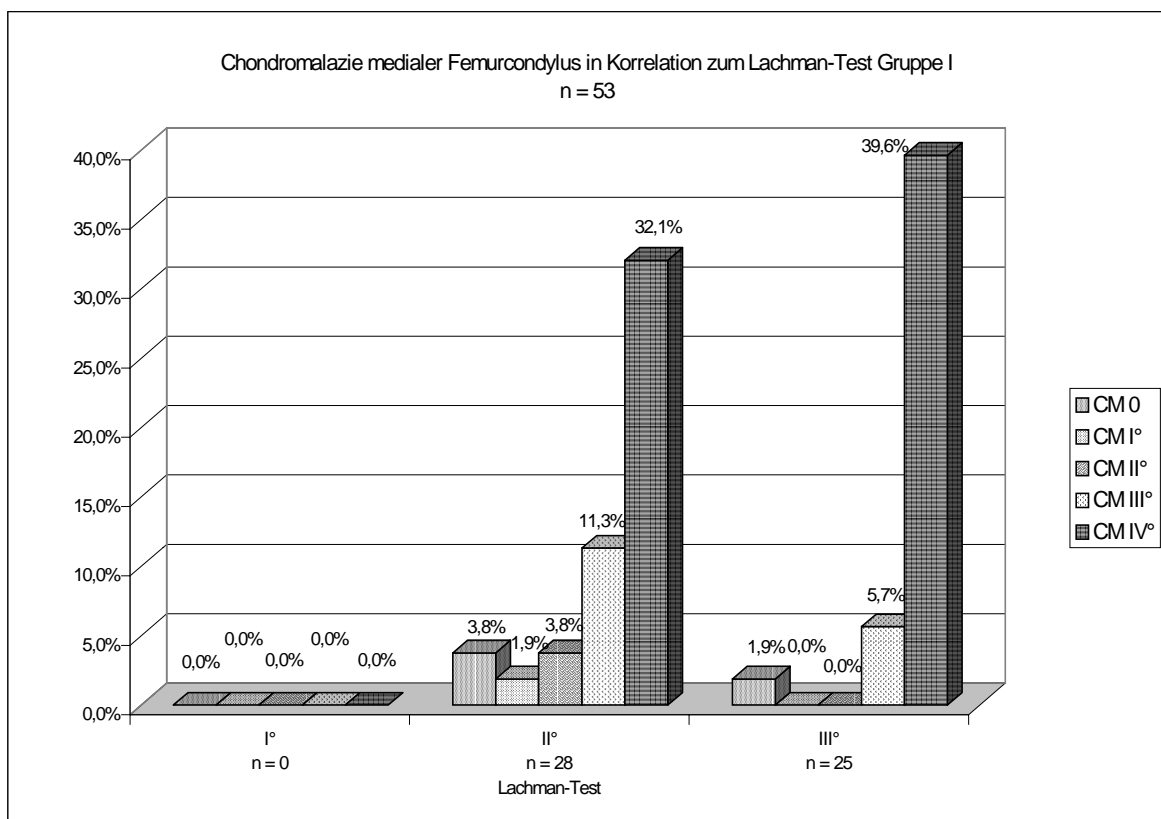
**Tab. 6** Lachmantest

Die Gegenüberstellung dieser Ergebnisse mit den Knorpelbefunden zeigt Ähnlichkeit mit der Untersuchung der subjektiven Instabilität.

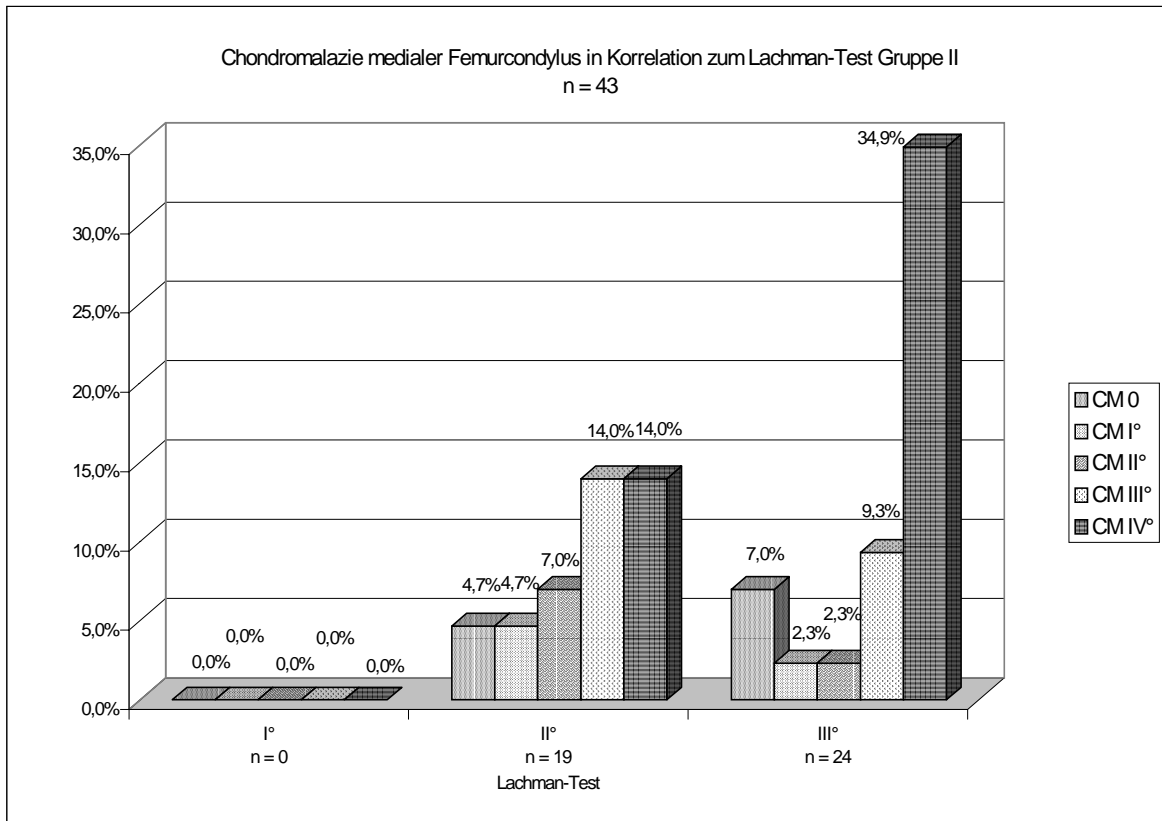
Auch hier wird das Hauptaugenmerk auf den medialen Femurcondylus gerichtet. Es liegt eine deutliche Korrelation zwischen Laxizitäts- und Chondromalaziegrad vor. Alle Patientengruppen weisen die folgende Befundkonstellation auf. Je ausgeprägter der Befund des Lachmantests, um so größer ist der Anteil der viertgradigen Knorpelläsionen (s. **Abb. 10-12**).

Im Vergleich hierzu lässt sich diese Schlussfolgerung – mit Ausnahme der Retropatellarfläche – für die übrigen Kompartimente nicht ziehen.

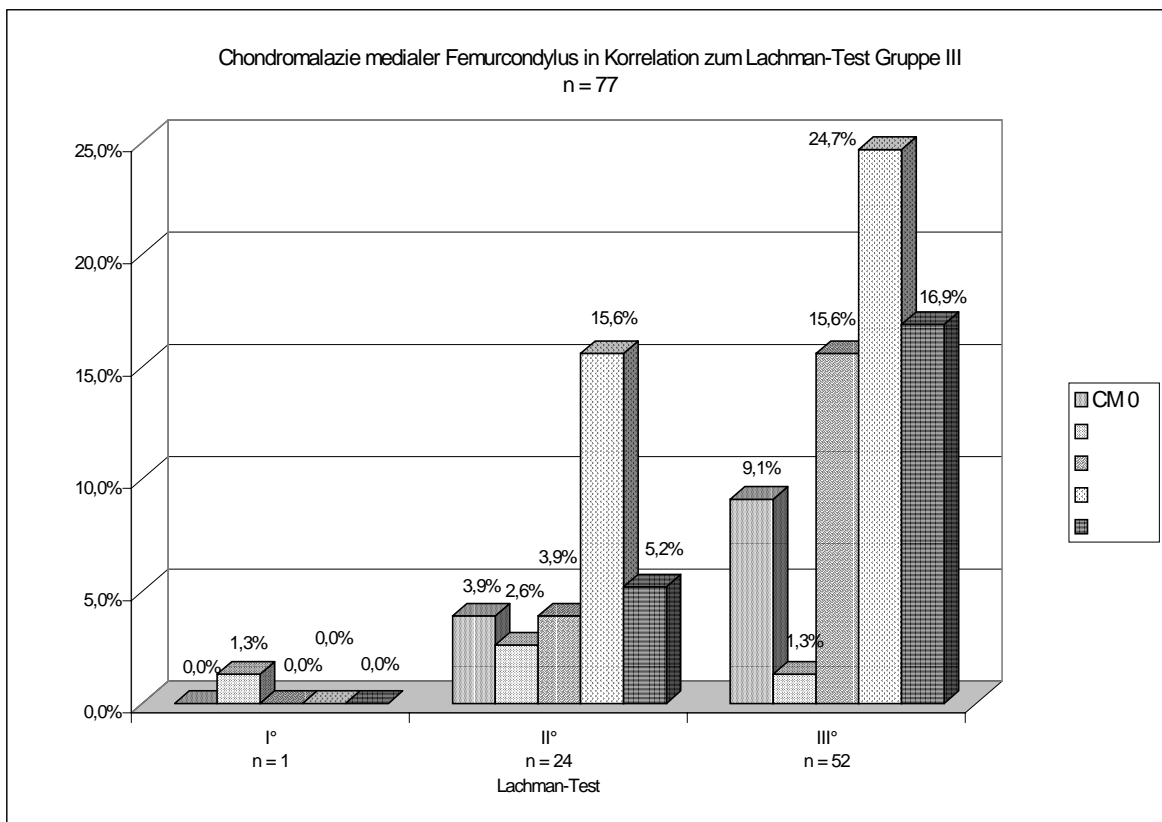
Retropatellar sind bei Patienten mit zweit- und drittgradigem Lachmantest gehäuft Knorpelschäden III° anzutreffen.



**Abb. 10** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Lachman-Test Gruppe I



**Abb. 11** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Lachman-Test Gruppe II



**Abb. 12** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Lachman-Test Gruppe III

### 11.3.2 Pivot-shift-Test

Negative Befunde des Pivot-shift-Tests, wie man sie bei frischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes häufiger findet, sind bei den Patienten dieser Studie ausgesprochen selten. Auch das Pivot-glide-Phänomen ist mit 5,2% aller Patienten als vernachlässigbar klein zu bewerten.

Bei etwa der Hälfte der Patienten (49,1%) kann ein Pivot-shift-Test II° ausgelöst werden, 27,7% fallen unter die erstgradigen bzw. 16,2% der Verletzten unter die drittgradigen Untersuchungsergebnisse des Pivot-shift-Tests.

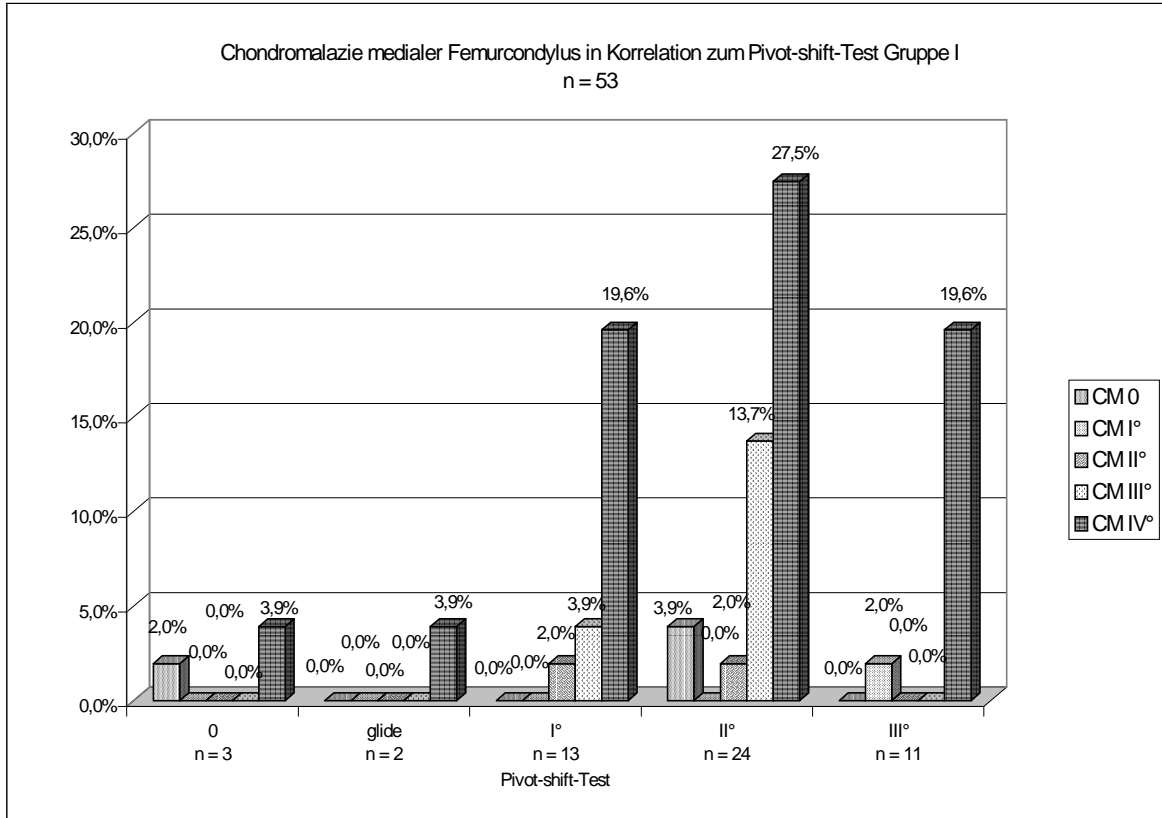
Wie sich bereits für den Lachmantest abzeichnet, ist eine Korrelation des Untersuchungsbefundes des Pivot-shift-Tests mit dem des Knorpelschadens vor allem für den medialen Femurcondylus auszumachen (s. **Abb. 13-15**). Der Korrelationskoeffizient beträgt hierfür  $r = 0,83$ . Dies bedeutet, dass bei zunehmender Laxizität höhergradige Knorpelschäden zu erwarten sind.

Die hierfür mittels Chi-Quadrat-Test ermittelte Signifikanz von  $p \leq 0,01$  führt dazu, dass die Nullhypothese – es besteht kein Zusammenhang zwischen Instabilität und Chondromalazie – verworfen wird und somit eine strenge Signifikanz zwischen dem Ergebnis des Pivot-shift-Tests und dem Chondromalaziestadium besteht.

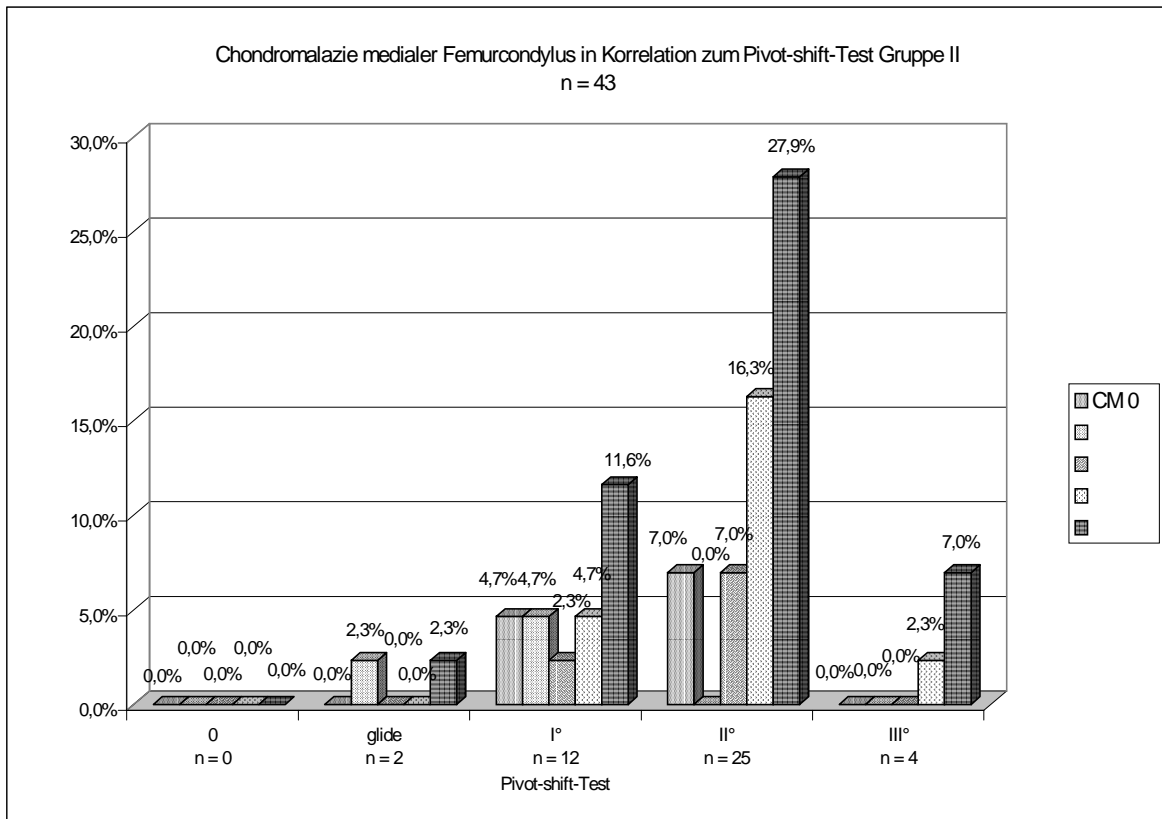
Je stärker die Laxizität mittels Pivot-shift-Test bewertet wird, um so deutlicher zeichnet sich eine Verschiebung zu den höhergradigen Knorpelschäden ab. Der Vergleich der Gruppen verschiedenen Rupturalters zeigt diesbezüglich ein identisches Bild. Wie die folgende Tabelle verdeutlicht, waren Patienten mit jüngeren Verletzungen ebenso ausgeprägt betroffen wie solche mit länger zurückliegenden Traumen (s. **Tab. 7**).

CM IV° med. Femurcondylus						
	Gruppe I		Gruppe II		Gruppe III	
<b>0</b>	2	3,8%	0	0%	0	0%
<b>glide</b>	2	3,8%	1	2,3%	1	1,3%
<b>I°</b>	10	18,9%	5	11,6%	3	3,9%
<b>II°</b>	14	26,4%	12	27,9%	8	10,4%
<b>III°</b>	10	18,9%	3	7,0%	5	6,5%

**Tab. 7** Chondromalazie medialer Femurcondylus – Pivot-shift-Test

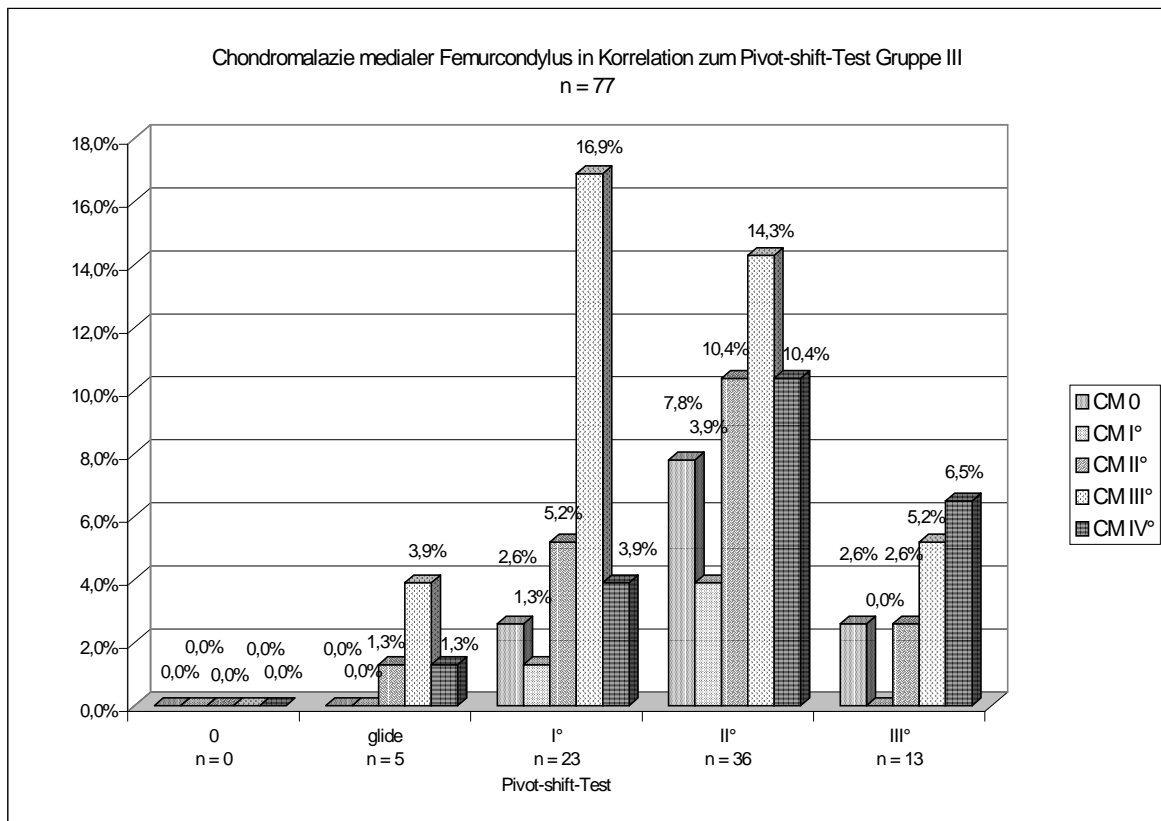


**Abb. 13** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Pivot-shift-Test Gruppe I



**Abb. 14** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Pivot-shift-Test Gruppe II





**Abb. 15** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Pivot-shift-Test Gruppe III

### 11.3.3 KT-1000-Wert

Die instrumentelle Untersuchung wurde präoperativ sowohl an der intakten als auch an der verletzten Kniegelenksseite durchgeführt. Aus diesen Messwerten wurde zusätzlich die Seitendifferenz errechnet, die von größerer Bedeutung ist als der alleinige Wert des verletzten Kniegelenkes, da so der Einfluss einer allgemeinen Kapsel-Band-Laxizität minimiert und der untersucherabhängige Ungenauigkeitsfaktor reduziert wird.

Zum besseren Verständnis hier noch einmal die Einteilung der Messergebnisse.

KT-1000-Einzelwert: 1. KT-1000 0-5 mm

2. KT-1000 6-10 mm

3. KT-1000 11-15 mm

4. KT-1000 16-20 mm

5. KT-1000 21-25 mm

KT-1000-Seitendifferenz: 1. KT-1000-Differenz 0-5 mm

2. KT-1000-Differenz 6-10 mm

3. KT-1000-Differenz 11-15 mm

Zunächst wird auf den KT-1000-Wert des instabilen Kniegelenkes eingegangen.

Messwerte von 0-5 mm, die einem Normbefund entsprechen, finden sich nicht; auch eine Translation von 6-10 mm ist mit 9 (5,2%) Fällen äußerst selten. Ausgeprägte Befunde von über 20 mm sind vernachlässigbar klein.

Der Hauptteil der Patienten – 108 (62,4%) – hat ein Gelenkspiel zwischen 11-15 mm; weitere 54 (31,2%) zwischen 16-20 mm.

Setzt man diese Ergebnisse in Bezug zu dem arthroskopisch befundetem Knorpel, lässt sich für den medialen femoralen Gelenkanteil – und in geringerem Ausmaß auch für das mediale Tibiaplateau – eine Beziehung zum Chondromalaziegrad herstellen.

Patienten mit einer Chondromalazie IV° im medialen Kompartiment verteilen sich in den verschiedenen Untersuchungsgruppen folgendermaßen (s. **Tab. 8 und 9**).

	<b>CM IV° med. Femurcondylus</b>					
<b>KT-1000</b>	6-10 mm		11-15 mm		16-20 mm	
<b>Gruppe I</b>	4	7,5%	23	43,4%	11	20,8%
<b>Gruppe II</b>	1	2,3%	8	18,6%	12	27,9%
<b>Gruppe III</b>	13	16,9%	4	5,2%	1	1,3%
<b>Σ I-III</b>	5	2,9%	44	25,4%	27	15,6%

**Tab. 8** Chondromalazie IV° medialer Femurcondylus – KT-1000-Wert

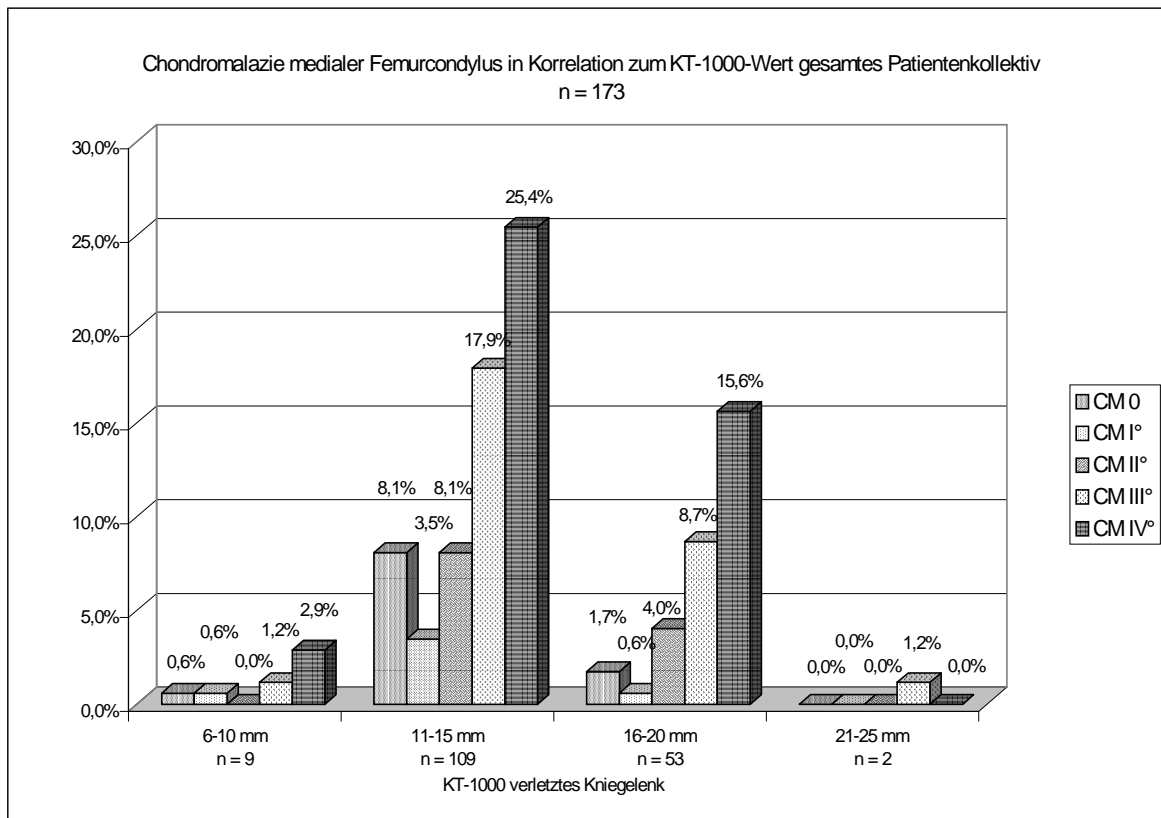
	<b>CM IV° med. Tibiaplateau</b>					
<b>KT-1000</b>	6-10 mm		11-15 mm		16-20 mm	
<b>Gruppe I</b>	0	0%	8	15,1%	2	3,8%
<b>Gruppe II</b>	1	2,3%	4	9,3%	4	9,3%
<b>Gruppe III</b>	0	0%	9	11,7%	3	3,9%
<b>Σ I-III</b>	1	0,6%	21	12,1%	9	5,2%

**Tab. 9** Chondromalazie IV° mediales Tibiaplateau – KT-1000-Wert

Die Tabellen verdeutlichen, dass gerade am medialen Femurcondylus der Hauptanteil der von einem viertgradigen Knorpelschaden Betroffenen unter die KT-1000-Werte 11-15 mm bzw. 16-20 mm fallen.

Von den Patienten mit einer Chondromalazie IV° medial femoral haben 44 (57,9%) einen KT-1000-Wert zwischen 11-15 mm und 27 (35,5%) von 16-20 mm.

Im Bereich des medialen Tibiaplateaus wurde bei 31 (17,9%) aller Patienten eine Knorpelläsion vierten Grades diagnostiziert. Davon hatten 21 (67,7%) einen KT-1000-Wert von 11-15 mm und 9 (29,0%) von 16-20 mm (s. **Abb. 16**).

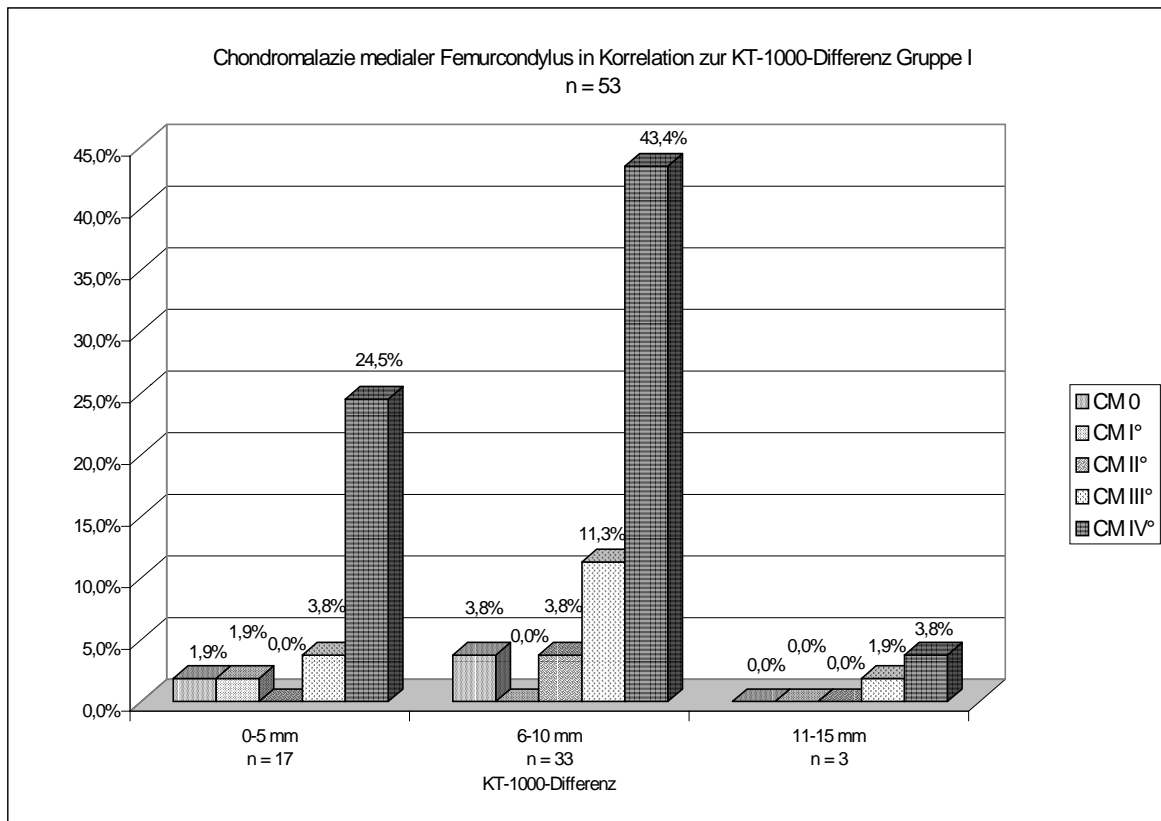


**Abb. 16** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum KT-1000-Wert gesamtes Patientenkollektiv

Bei der Auswertung der KT-1000-Seitendifferenz dominieren in allen Rupturaltersgruppen Differenzen von 6-10 mm mit durchschnittlich 64%. Ausgeprägte Seitendifferenzen sind durchweg mit weniger als 10% zu verzeichnen. Etwa ein Drittel aller Patienten weisen eine Differenz der Messergebnisse zwischen 0-5 mm auf.

Interessant ist wiederum die Gegenüberstellung der KT-1000-Differenzen mit den Chondromalazieergebnissen des medialen Femurcondylus. Da knapp zwei Drittel aller Patienten Differenzen zwischen 6-10 mm haben, wird dieser Anteil vordergründig betrachtet. Der Vergleich der Gruppen verschiedenen Rupturalters verdeutlicht, dass insbesondere in Gruppe II (Rupturalter 6-10 J.) und III (Rupturalter > 10 J.) eine Korrelation zwischen La-  
xizitäts- und Chondromalaziegrad besteht.

Während in Gruppe I (Rupturalter 0-5 J.) bei einer KT-1000-Differenz von 6-10 mm lediglich 4 (12,1%) von 33 Patienten einen dritt- oder viertgradigen Knorpelschaden aufweisen, sind dies in Gruppe II 26 (92,8%) von 28 und in Gruppe III 29 (58,0%) von 50 Patienten (s. Abb. 17-19).



**Abb. 17** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur KT-1000-Differenz Gruppe I

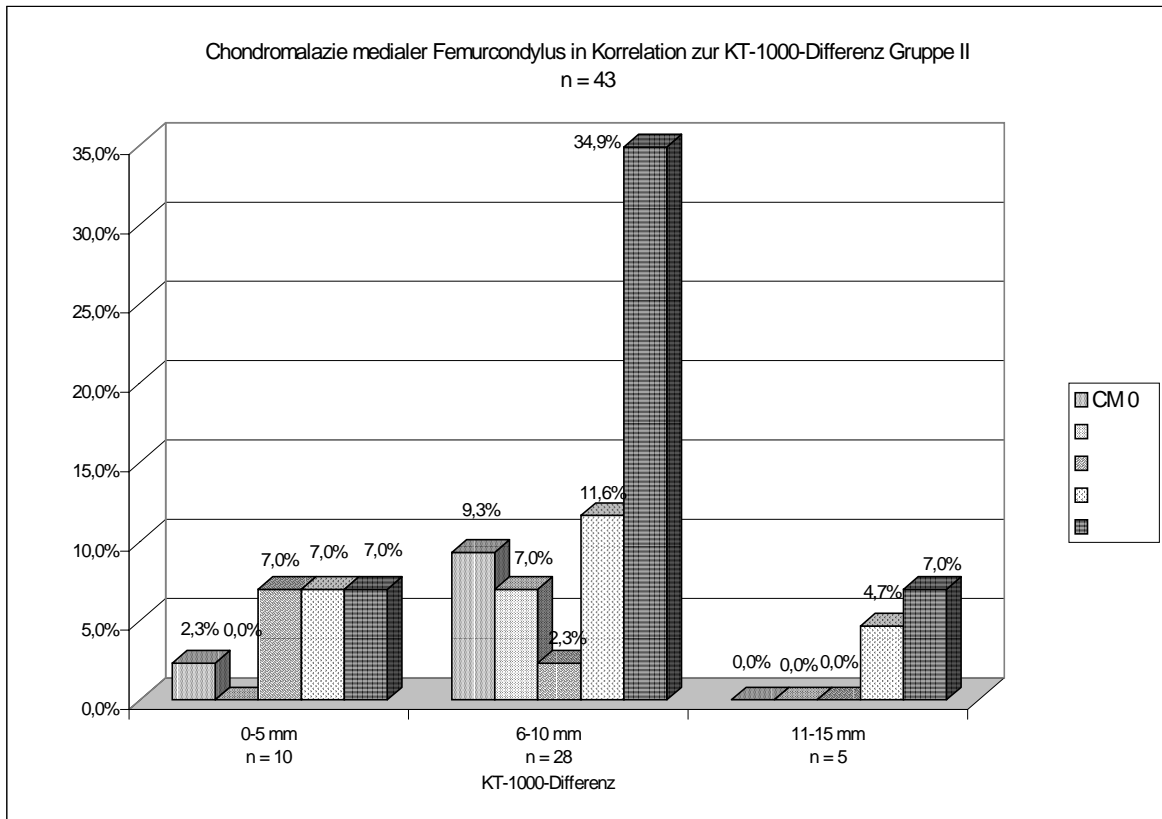


Abb. 18 Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur KT-1000-Differenz Gruppe II

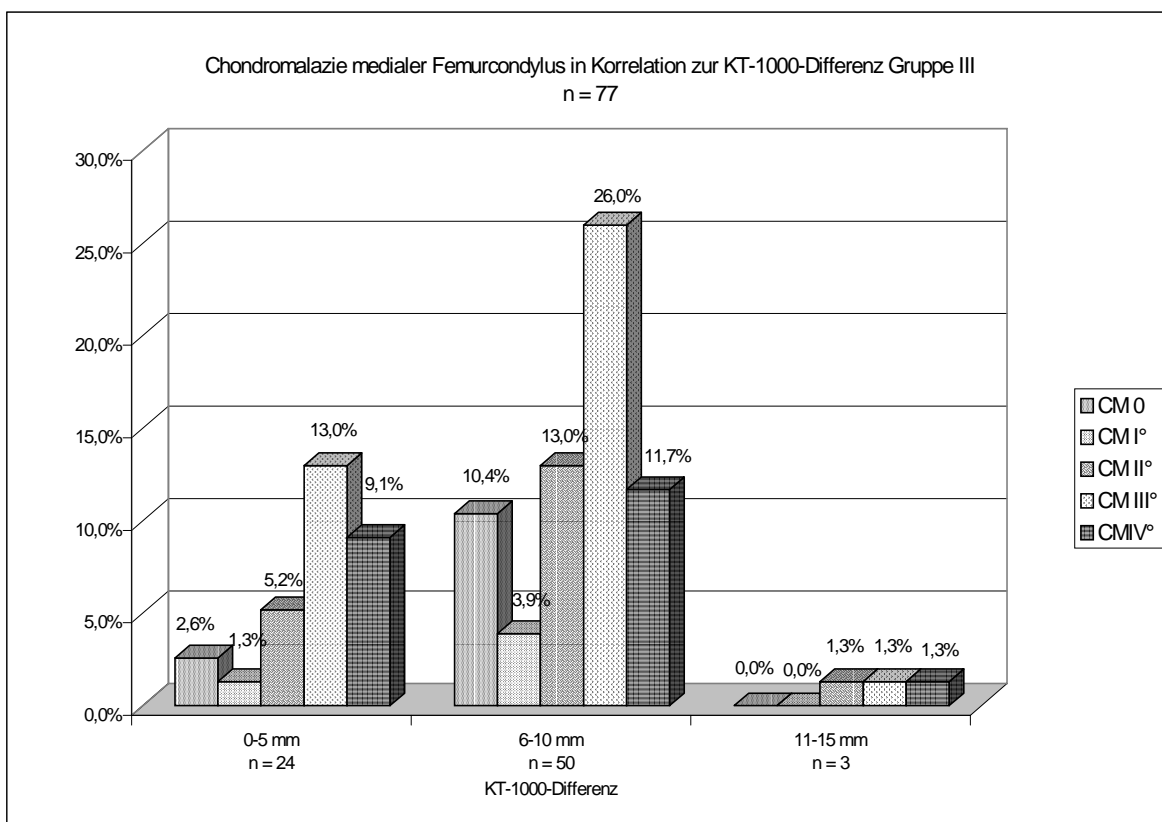
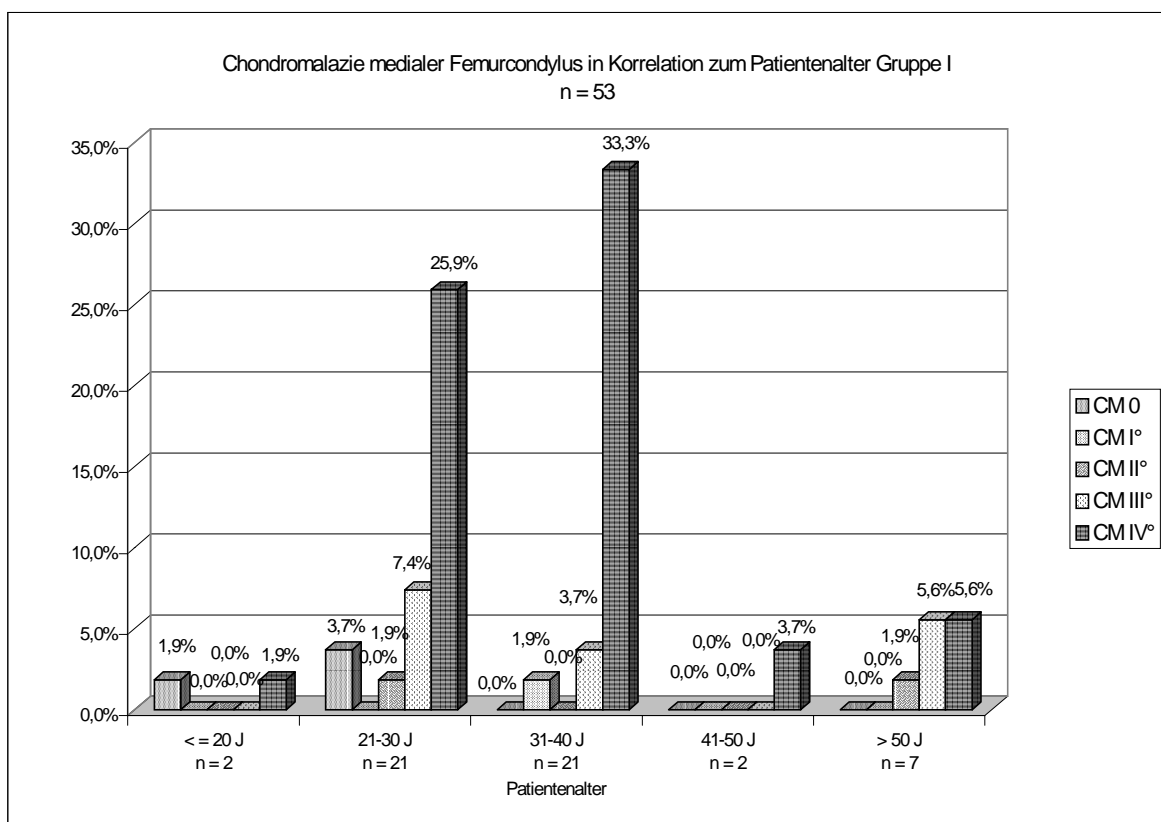


Abb. 19 Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur KT-1000-Differenz Gruppe III

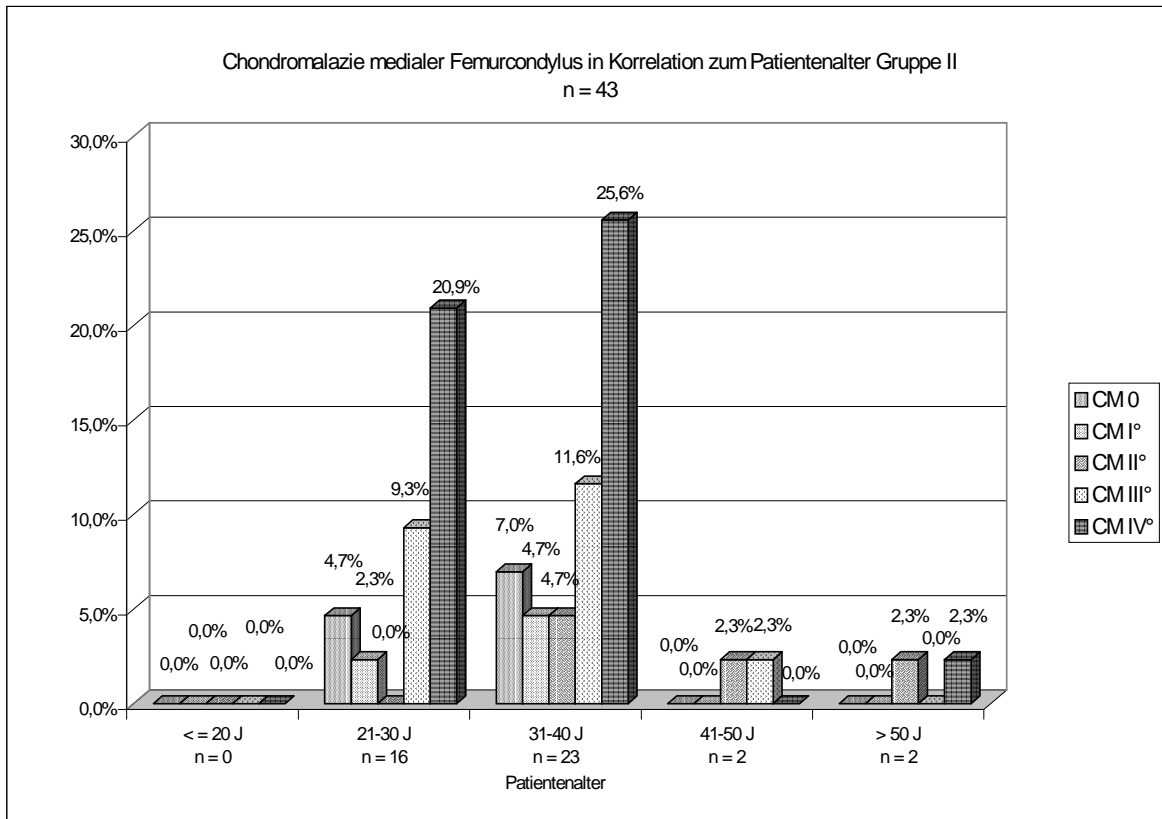
## 11.4 Patientenalter

Bei der Untersuchung, ob eine Abhängigkeit zwischen dem Alter der Patienten und dem Knorpelbefund besteht, fallen erneut die Ergebnisse des medialen Femurcondylus auf. Hier sieht man bei den jüngeren Altersgruppen (< 40 Jahre) ausgeprägte Knorpelschäden bei ansonsten häufig unauffälligem Befund. Dagegen weisen ältere Patienten (> 50 Jahre) multilokulär fortgeschrittene Knorpelschäden mit einem Maximum am medialen Femurcondylus auf. Dieser Befund ist unabhängig von dem Alter der Ruptur (s. **Abb. 20-22**).

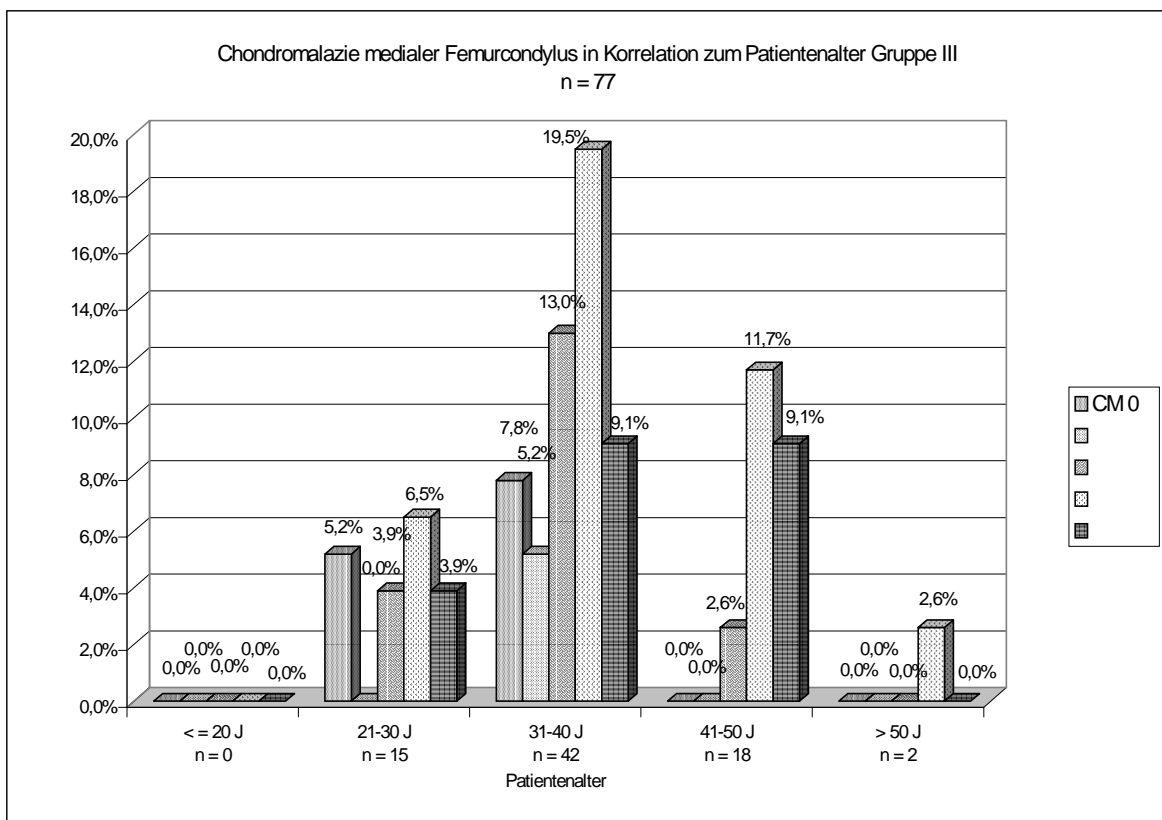
In der Altersgruppe 21-30 Jahre zeigen 26 (15,0%) aller Patienten eine Chondromalazie IV° medial femoral; in der Altersgruppe von 31-40 Jahre sind es 36 (20,8%) Betroffene.



**Abb. 20** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Patientenalter Gruppe I



**Abb. 21** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Patientenalter Gruppe II



**Abb. 22** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Patientenalter Gruppe III

## 11.5 Meniskusbefund

Im Rahmen dieser Studie wird auch auf den Zustand der Menisken eingegangen. Anamnestisch wurde präoperativ erhoben, ob bereits operative Maßnahmen an den Menisken durchgeführt wurden. Zudem wird untersucht, ob Patienten mit Meniskus-Voroperationen ausgeprägtere Knorpelschäden aufweisen als jene mit intakten Menisken zum Zeitpunkt der vorderen Kreuzband-Operation.

Berücksichtigt wird nicht, ob im Rahmen der Kreuzband-Operation ein frischer Meniskus-schaden oder eine Restmeniskusläsion diagnostiziert wurde.

Folgende Befunde sind jeweils für den Innen- und Außenmeniskus möglich:

1. ohne pathologischen Befund
2. Z.n. Teilresektion
3. Z.n. Komplettresektion
4. Z.n. Refixation

Während der Innenmeniskus lediglich bei 64 (37,0%) der Operierten intakt ist, zeigt der Außenmeniskus bei 145 (83,8%) Patienten einen Normbefund.

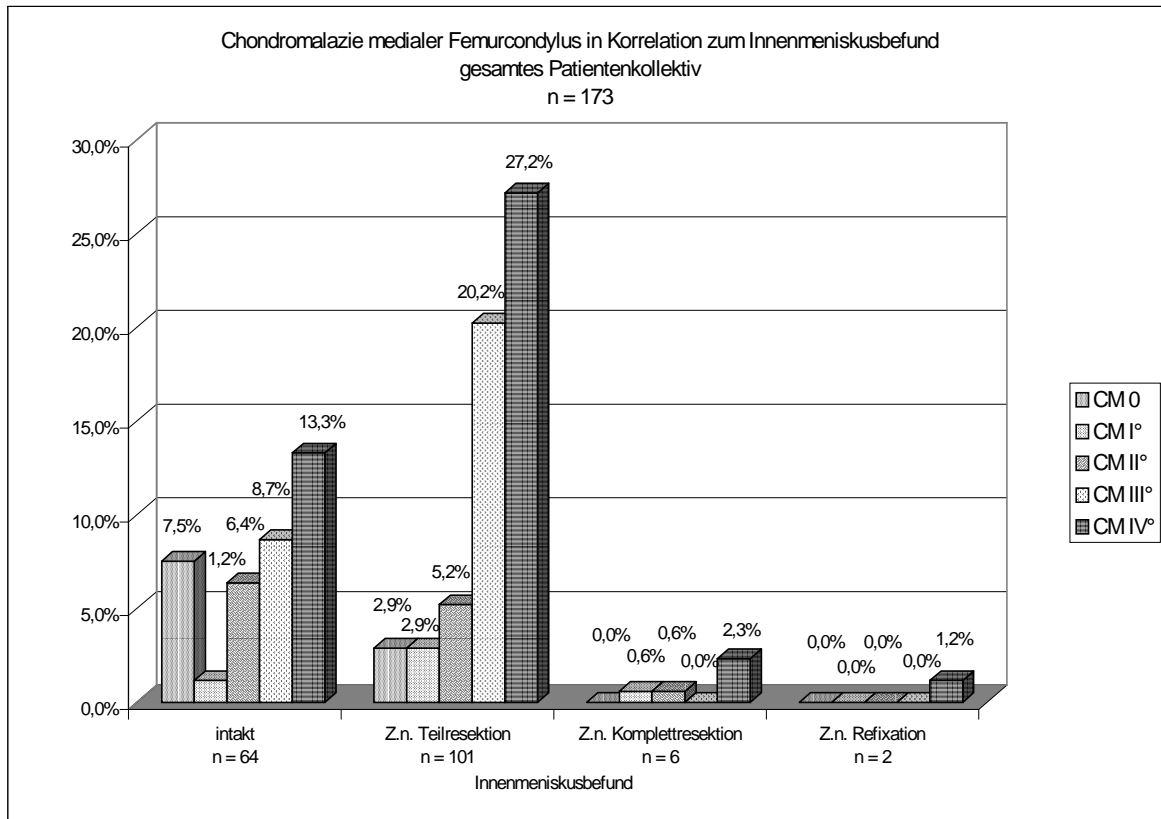
Die häufigste Voroperation ist eine Teilresektion des Innenmeniskus mit 58,4% des gesamten Kollektives. Die Anzahl der Patienten mit Z.n. Komplettresektionen ist sowohl medial als auch lateral vernachlässigbar klein. 25 (14,5%) Patienten hatten sich bereits einer Teilresektion des Außenmeniskus unterziehen müssen.

Die Häufigkeit der meniskusbedingten Voroperationen zeigt keinen Zusammenhang zum Verletzungsalter des vorderen Kreuzbandes.

Die Innenmeniskusbefunde werden in Bezug zu den Knorpelläsionen des medialen Kompartments gesetzt; analog dazu erfolgt die Gegenüberstellung des Außenmeniskuszustandes zum lateralen Kompartiment.

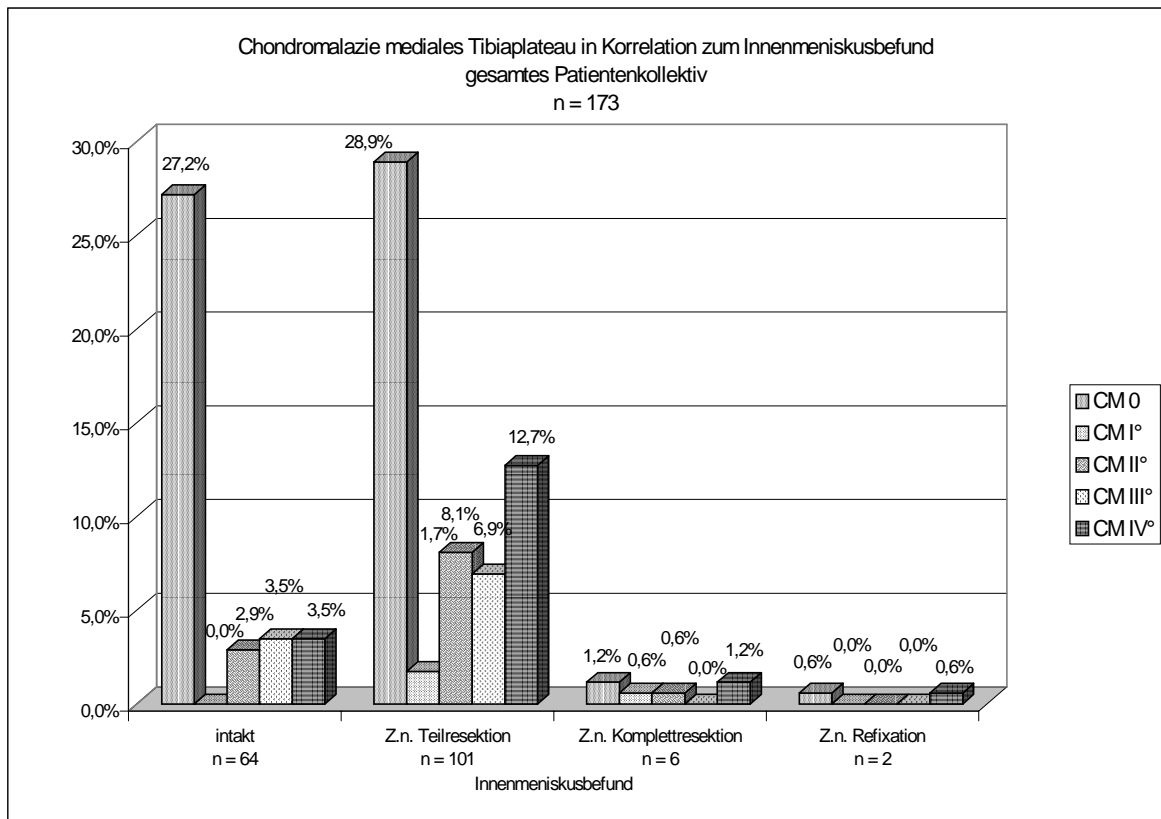
Am medialen Femurcondylus fallen 86 (49,7%) Patienten mit einer Chondromalazie III° oder IV° in die Gruppe derer mit einer meniskusresezierenden Voroperation. Interessant ist hier allerdings, dass bei 38 (22,0%) Patienten mit einem intakten Innenmeniskus ebenfalls dritt- oder viertgradige Knorpelschäden diagnostiziert wurden (s. **Abb. 23**).





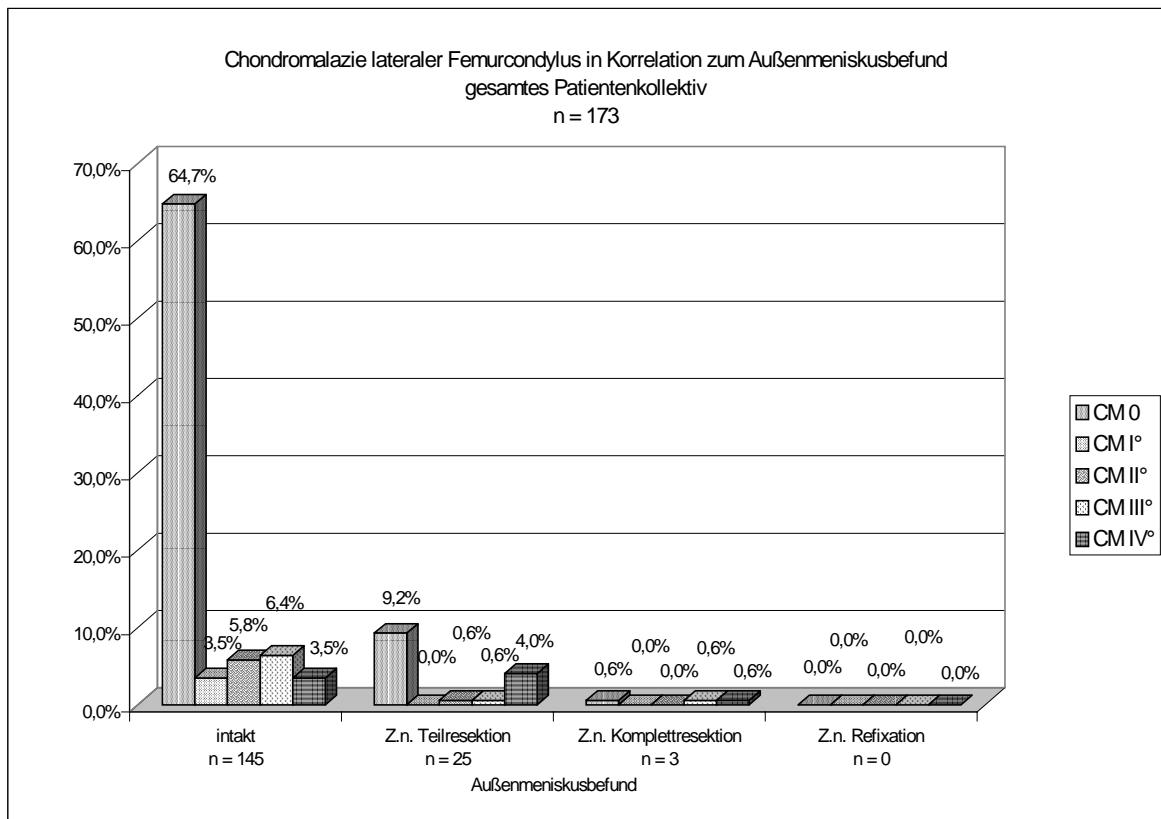
**Abb. 23** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Innenmeniskusbefund gesamtes Patientenkollektiv

Am medialen Tibiaplateau zeigen 22 (12,7%) eine Chondromalazie IV° bei Z.n. Innenmeniskusteilresektion, während dies lediglich bei 3,5% bei intaktem Meniskus eingetreten ist (s. Abb. 24).



**Abb. 24** Chondromalazie mediales Tibiaplateau in Korrelation zum Innenmeniskusbefund gesamtes Patientenkollektiv

Diese Zusammenhänge bezüglich des medialen Kompartments lassen sich auch für den Außenmeniskus in Bezug auf das laterale Kompartiment in etwas abgeschwächter Ausprägung ziehen. Hier liegt bei etwa einem Drittel der Patienten, die sich bereits einer Teilresektion des Außenmeniskus unterzogen hatten, ein Knorpelschaden vierten Grades vor. Hingegen ist dieser bei intaktem Außenmeniskus erst bei 4,0% der Fälle so weit fortgeschritten (s. Abb. 25). Diese Zusammenhänge sind in allen Rupturaltersgruppen nachvollziehbar.



**Abb. 25** Chondromalazie lateraler Femurcondylus in Korrelation zum Außenmeniskusbefund gesamtes Patientenkollektiv

## 11.6 Rupturalter

Für die vorliegende Studie wird die These aufgestellt, dass die Schädigung des Knorpels abhängig von dem Alter der vorderen Kreuzbandruptur ist, das heißt je älter die Verletzung, um so ausgeprägtere Läsionen finden sich am Gelenkknorpel.

Die Gegenüberstellung der drei Gruppen verschiedenen Rupturalters bestätigt dies nicht. Es zeigt sich sogar, dass bei Patienten mit einem Rupturalter von 0-5 Jahren – wobei der Anteil der Operierten deren Verletzung noch kein Jahr zurücklag mit 20 von 53 Patienten (37,7%) relativ hoch liegt – der größte Prozentsatz an viertgradigen Schäden am medialen Femurcondylus vorliegt (s. **Abb. 26**). Der berechnete Korrelationskoeffizient für das Rupturalter und den Chondromalaziegrad beträgt  $r = 0,27$  und unterstreicht deutlich den fehlenden Zusammenhang dieser zwei Größen.

In den übrigen Gelenkabschnitten lassen sich ebenfalls keine positiven Korrelationen bezüglich Chondromalazie und Rupturalter feststellen. Hierzu dient die Darstellung der Verteilung der Knorpelschäden retropatellar (s. **Tab. 10**).

Chondromalazie retropatellar n = 173						
Rupturalter	0-5 Jahre		6 – 10 Jahre		> 10 Jahre	
CM 0	22	12,7%	15	8,7%	26	15,0%
CM I°	3	1,7%	4	2,3%	8	4,6%
CM II°	12	6,9%	6	3,5%	18	10,4%
CM III°	14	8,1%	17	9,8%	24	13,9%
CM IV°	2	1,2%	1	0,6%	1	0,6%

Tab. 10 Chondromalazie retropatellar in Bezug zum Rupturalter

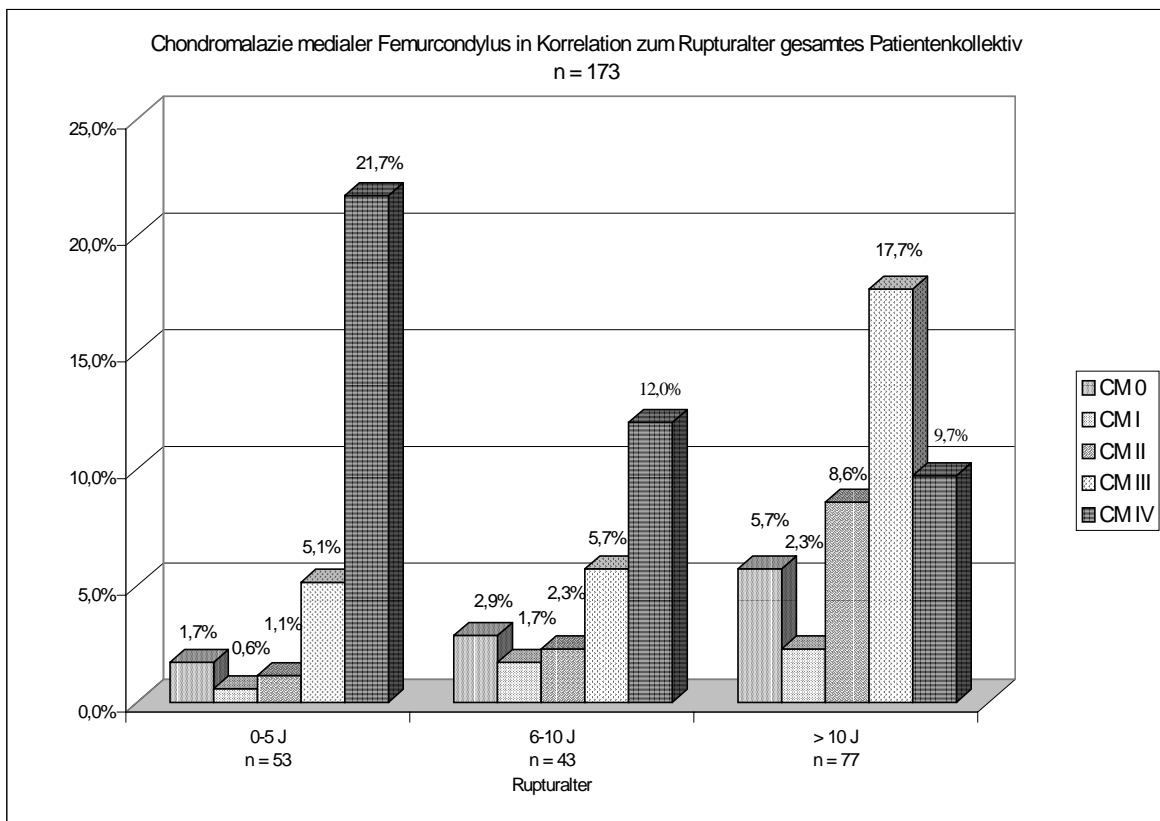


Abb. 26 Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Rupturalter gesamtes Patientenkollektiv

## 11.7 Röntgenbefunde

Es erfolgt die Beurteilung einer a.p. und einer seitlichen Röntgenaufnahme des Kniegelenkes. In diesem Abschnitt wird auf die Übereinstimmung zwischen radiologischem und arthroskopisch diagnostiziertem Knorpelbefund hinsichtlich arthrotischer Veränderungen eingegangen.

### 11.7.1 A.p.-Aufnahme

In der A.p.-Aufnahme werden arthrotische Veränderungen im medialen und lateralen Kompartiment, sowie an der Notch und der Eminentia intercondylaris bewertet.

#### 11.7.1.1 Mediales Kompartiment

In allen Patientengruppen zeichnet sich ab, dass es bereits bei vielen Operierten zur Osteophytenbildung gekommen ist.

	<b>Osteophyten mediales Kompartiment</b>	
<b>Gruppe I</b>	32	60,4%
<b>Gruppe II</b>	33	76,7%
<b>Gruppe III</b>	54	70,2%
<b>Σ I-III</b>	119	68,7%

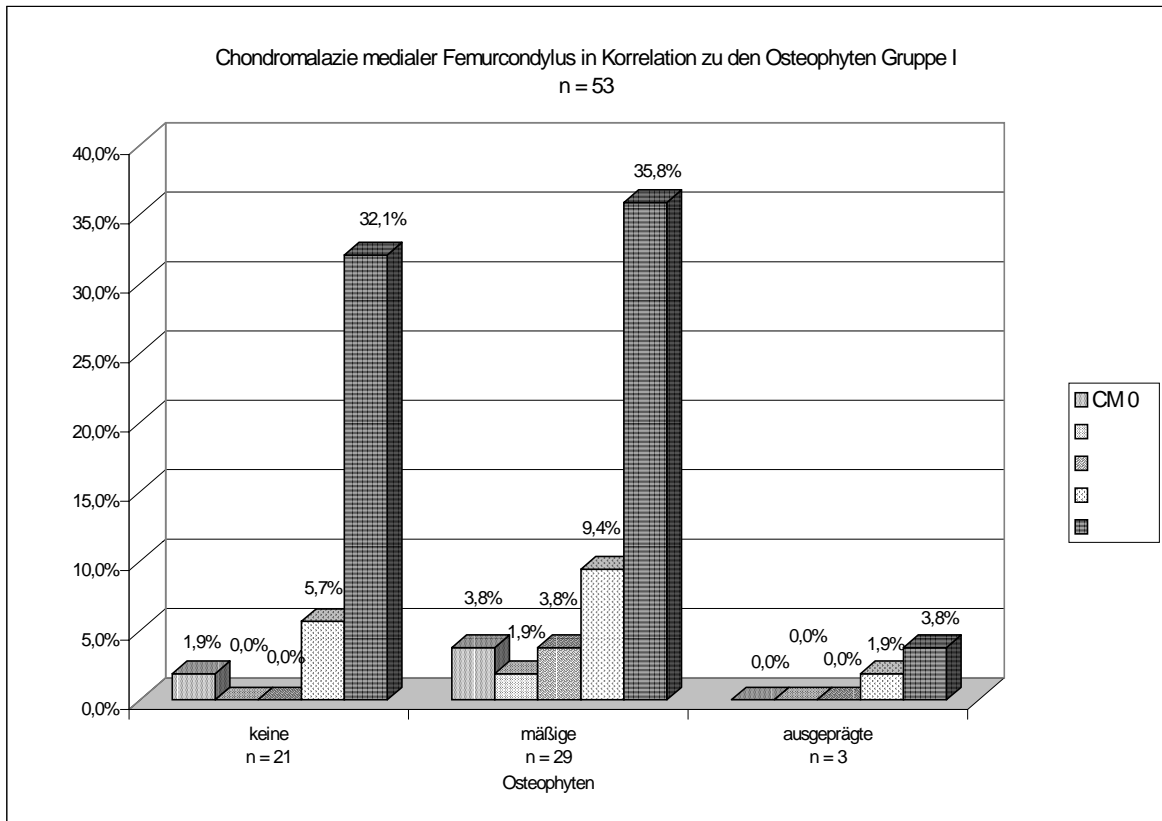
**Tab. 11** Osteophyten mediales Kompartiment

Die aufgezeichneten Ergebnisse verdeutlichen, dass Patienten der Gruppen II und III weit- aus häufiger Osteophyten aufweisen als die der Gruppe I. Diese sind zudem öfter noch von stärkerer Ausprägung.

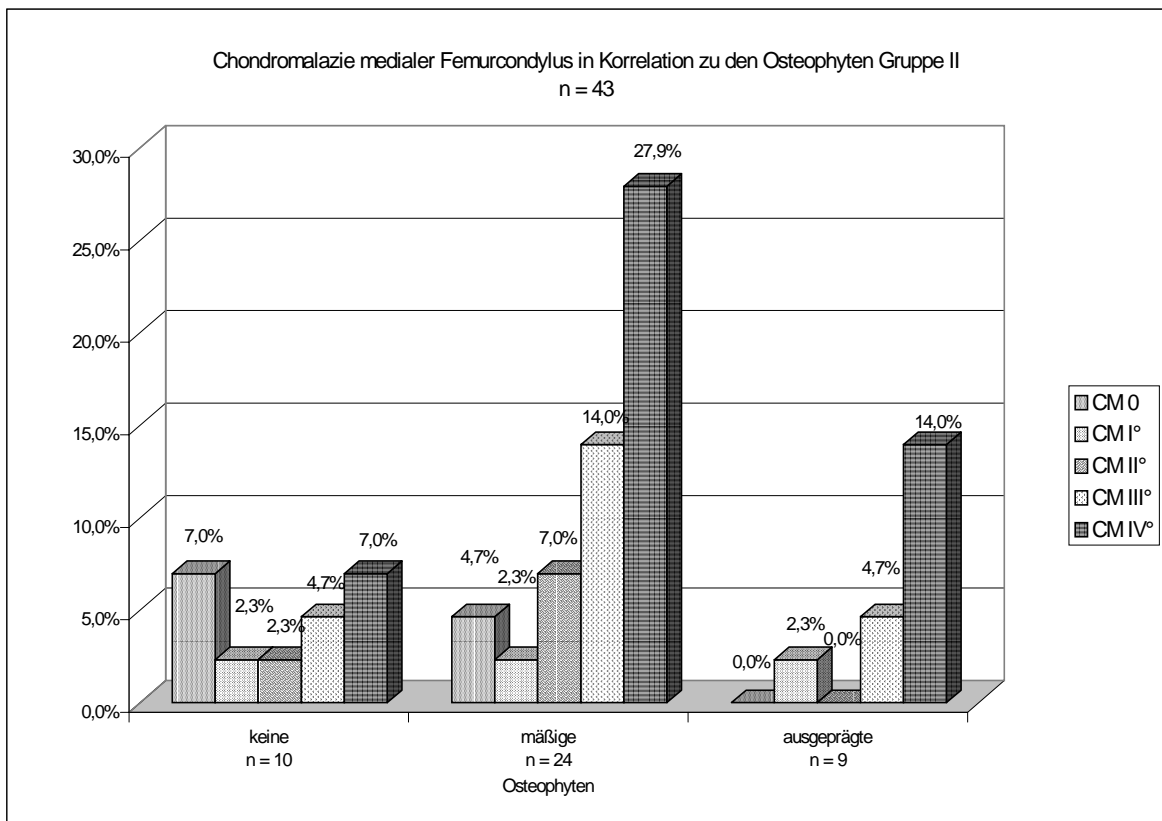
In allen drei Gruppen treten ca. 15% häufiger als Osteophyten Konturunregelmäßigkeiten, jedoch mäßiger Ausprägung, auf.

139 (80,3%) aller Patienten lassen im Röntgenbild eine subchondrale Sklerosierung im Sinne eines Arthrosefrühzeichen erkennen.

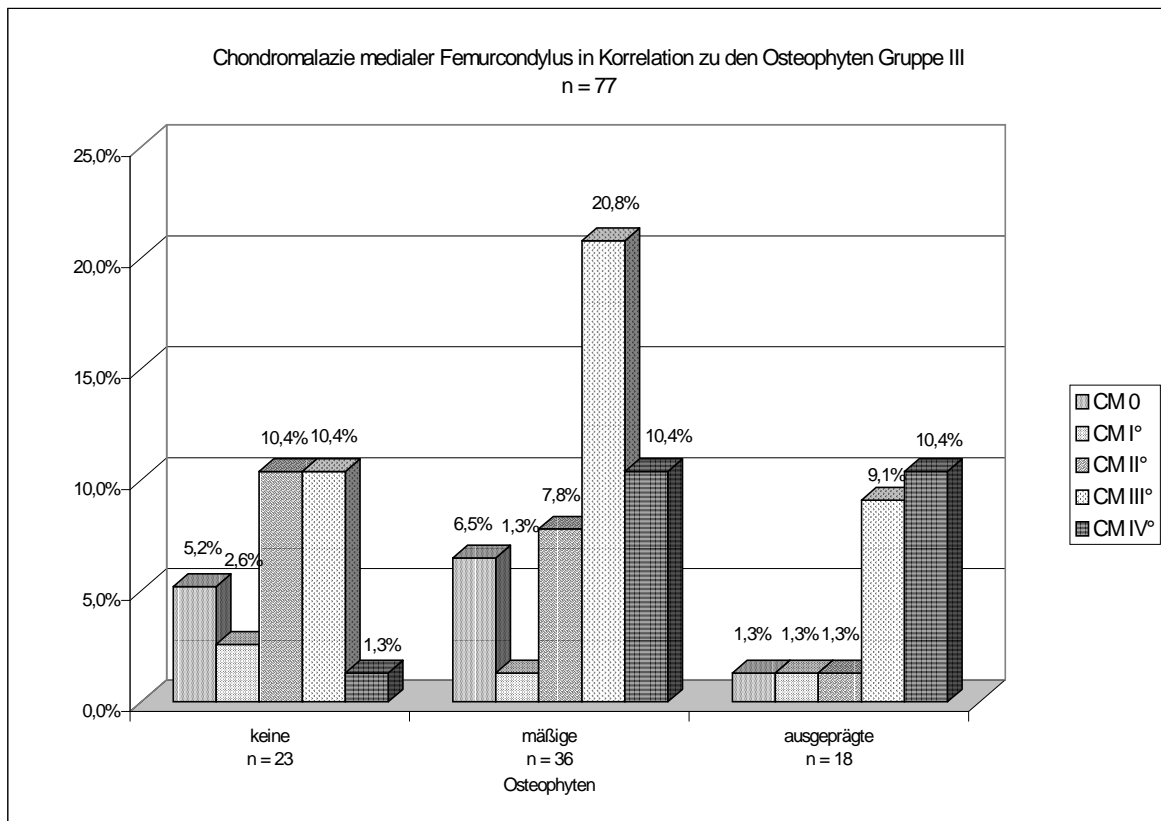
Bei der Gegenüberstellung von Röntgen- und intraoperativ diagnostiziertem Knorpelbefund zeigt sich, dass in allen Patientengruppen am medialen Femurcondylus bei vorhandenen Osteophyten – gleich welcher Ausprägung – eine deutliche Zunahme der zugeordneten Patienten hin zu den Chondromalaziegraden III und IV vorliegt (**s. Abb. 27-29**).



**Abb. 27** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zu den Osteophyten Gruppe I



**Abb. 28** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zu den Osteophyten Gruppe II

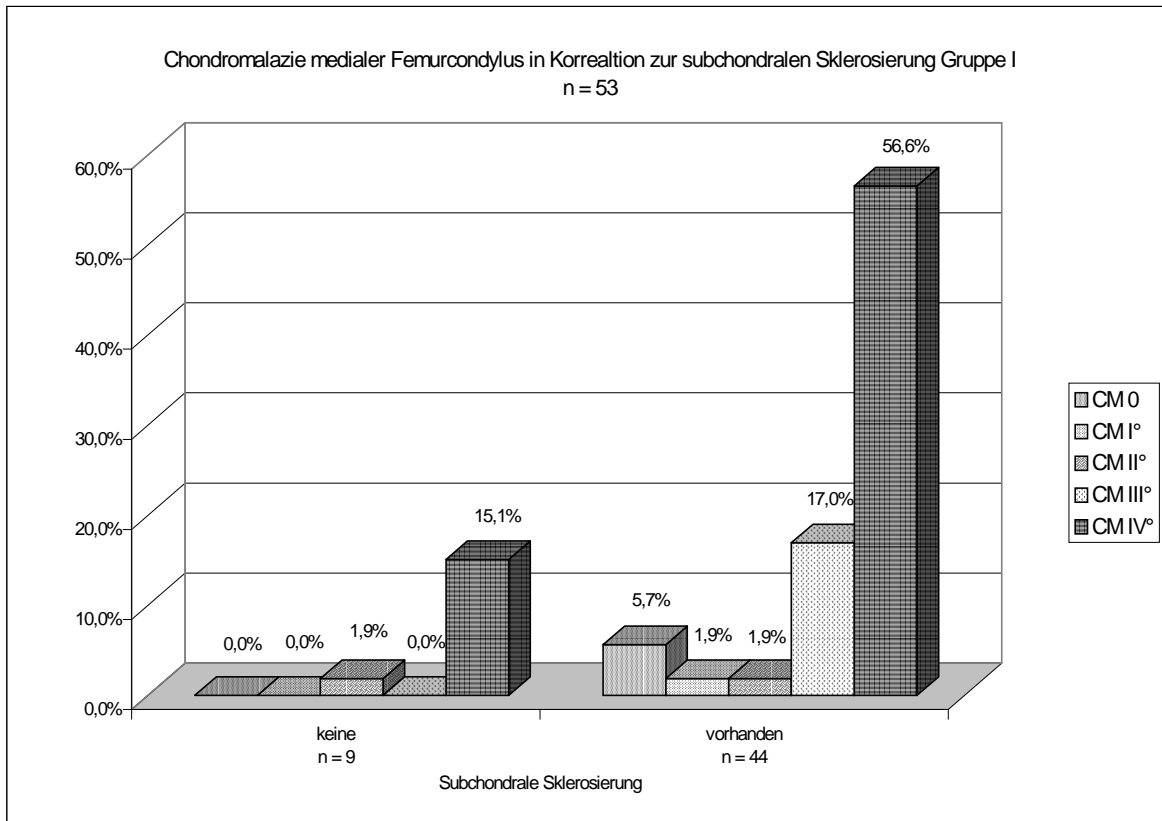


**Abb. 29** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zu den Osteophyten Gruppe III

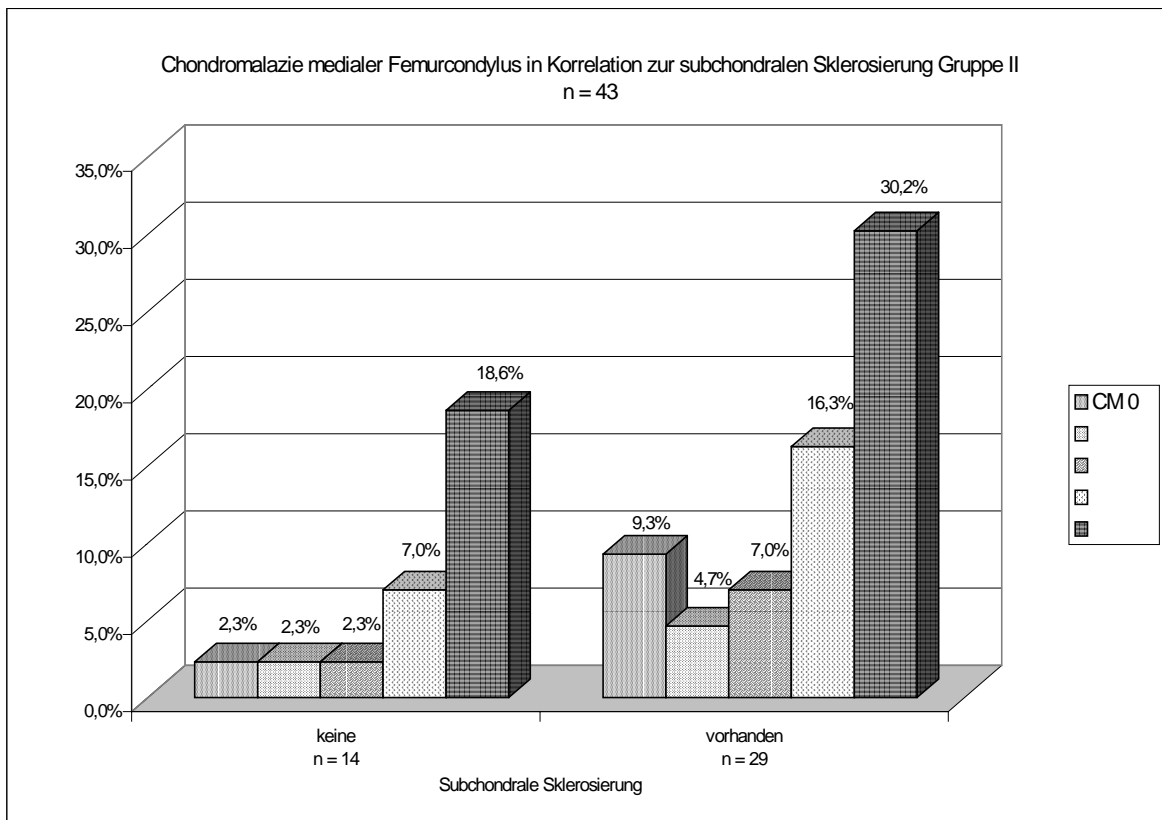
Bei vorhandener subchondraler Sklerosierung ist gehäuft ein dritt- oder viertgradiger Schaden des medialen femoralen Knorpelüberzuges anzutreffen.

Interessanterweise wird auch bei 70,6% der Patienten, bei denen im Röntgenbild noch keine subchondrale Sklerosierung sichtbar ist, intraoperativ eine Läsion dritten oder vierten Grades festgestellt. Diese Beobachtung gilt wiederum für alle Patientengruppen.

In geringerer Ausprägung gelten diese Feststellungen für den medialen Femurcondylus auch für das mediale Tibiaplateau (s. **Abb. 30-32**).

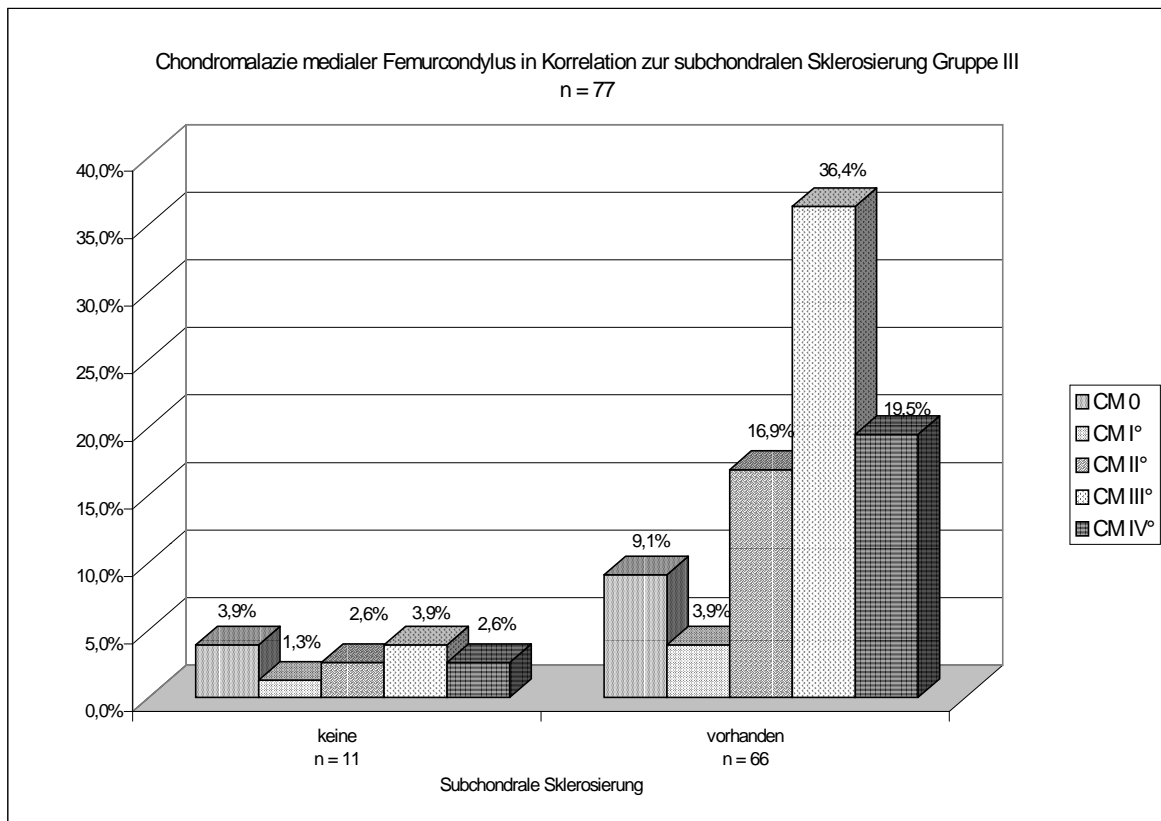


**Abb. 30** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subchondralen Sklerosierung Gruppe I



**Abb. 31** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subchondralen Sklerosierung Gruppe II





**Abb. 32** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subchondralen Sklerosierung Gruppe III

### 11.7.1.2 Laterales Kompartiment

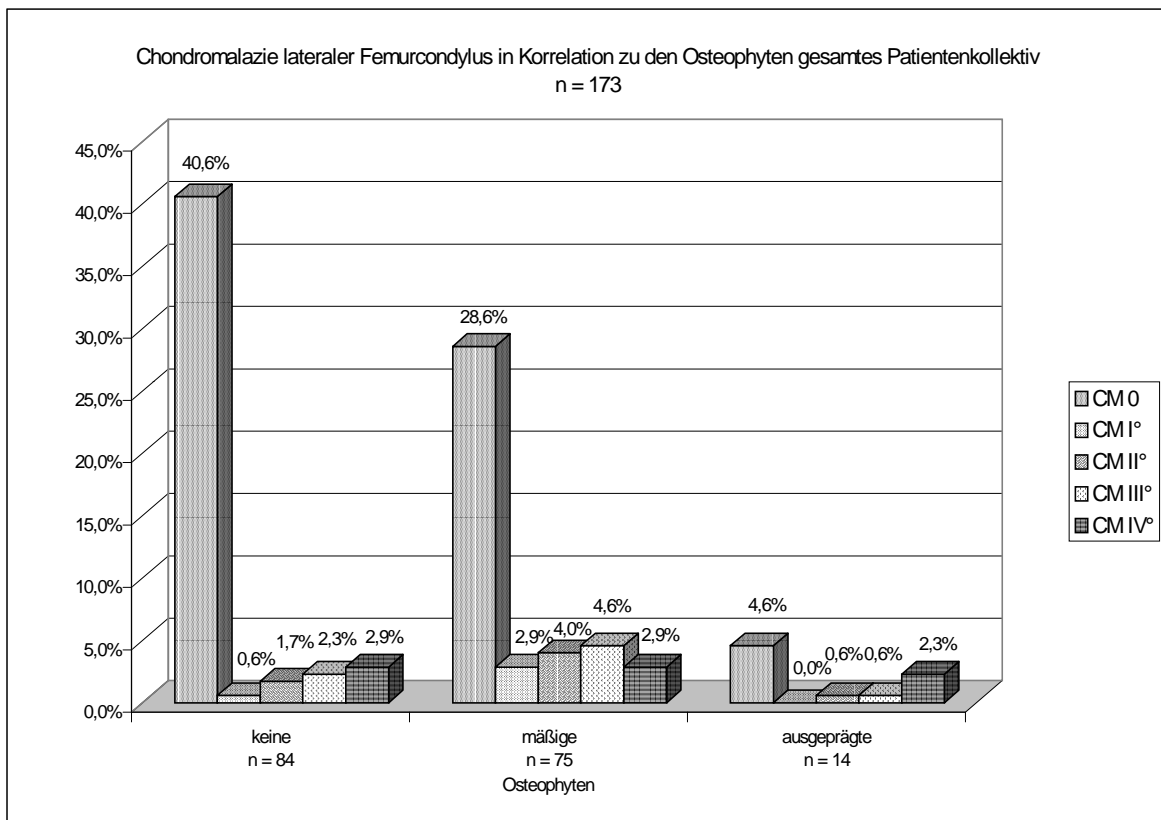
Bei der Auswertung des lateralen Gelenkabschnittes ist das Auftreten von Osteophyten mit 89 (51,5%) Betroffenen deutlich niedriger als medial mit 119 (68,7%). Zudem liegt auch der Anteil derjenigen mit ausgeprägten Osteophyten knapp 10% unter dem des medialen Kompartments. Analog zu dem medialen Kompartiment ist die Beobachtung zu machen, dass bei zunehmendem Rupturalter der Ausprägungsgrad der Osteophyten steigt (s. **Abb. 33**).

Konturunregelmäßigkeiten sind ebenfalls mit 72,3% aller untersuchten zu ca. 10% seltener zu finden als medial. Diese sind alle schwacher Ausprägung.

Bei der subchondralen Sklerosierung überwiegen durchweg die negativen Befunde.

Identisch mit dem medialen Kompartiment werden nun die Knorpelbefunde des lateralen Femurcondylus und Tibiaplateaus in Bezug zu den radiologischen Veränderungen gebracht. Festzuhalten ist, dass nur die negativen Befunde – sowohl femoral als auch tibial – miteinander korrelieren. Bei fehlenden Osteophyten, Konturunregelmäßigkeiten oder subchondraler Sklerosierung liegen in der Regel keine oder nur geringgradige Knorpelschäden vor.

Bei Vorliegen positiver radiologischer Befunde ist das Maximum der Patienten bei einem physiologischen Knorpelbefund einzuordnen.



**Abb. 33** Chondromalazie lateraler Femurcondylus in Korrelation zu den Osteophyten gesamtes Patientenkollektiv

### 11.7.1.3 Notch und Eminentia intercondylaris

Die Notch zeigt in 115 (66,5%) aller ausgewerteten Röntgenbilder mäßige und bei 15 (8,7%) ausgeprägte osteophytäre Veränderungen. Die Anzahl der Bilder mit ausgeprägten Osteophyten entsprechen in etwa denen, die eine Einengung der Notch erkennen lassen.

Im Bereich der Eminentia intercondylaris – dem Ansatzpunkt der Kreuzbänder – ist es bei 123 (71,1%) zu Ausziehungen der Knochenstruktur gekommen. Eine Verplumpung dieser gibt es bei 16 (9,2%) Patienten (s. **Tab. 12**).

Diese Ergebnisse des gesamten Patientenkollektivs decken sich – bis auf minimale prozentuale Abweichungen – mit denen der Gruppen I-III.

<b>Radiologische Veränderungen an der Eminentia intercondylaris n = 173</b>			
<b>keine Ausziehungen</b>		<b>Ausziehungen</b>	
50	28,9%	123	71,1%
<b>keine Verplumpung</b>		<b>Verplumpung</b>	
157	90,8%	16	9,2%

**Tab. 12** Radiologische Veränderungen an der Eminentia intercondylaris

### 11.7.2 Seitliche Aufnahme

In der seitlichen Aufnahme werden arthrotische Veränderungen im dorsalen Gelenkbereich, der Area intercondylaris und dem Femoropatellargelenk bewertet.

#### 11.7.2.1 Dorsaler Gelenkbereich und Area intercondylaris

Die Betrachtung des dorsalen Gelenkbereichs erbringt in allen Gruppen bei zwei Dritteln osteophytäre Veränderungen, wobei der Anteil an ausgeprägten Befunden bei einem Rupturalter > 10 Jahre deutlich zunimmt.

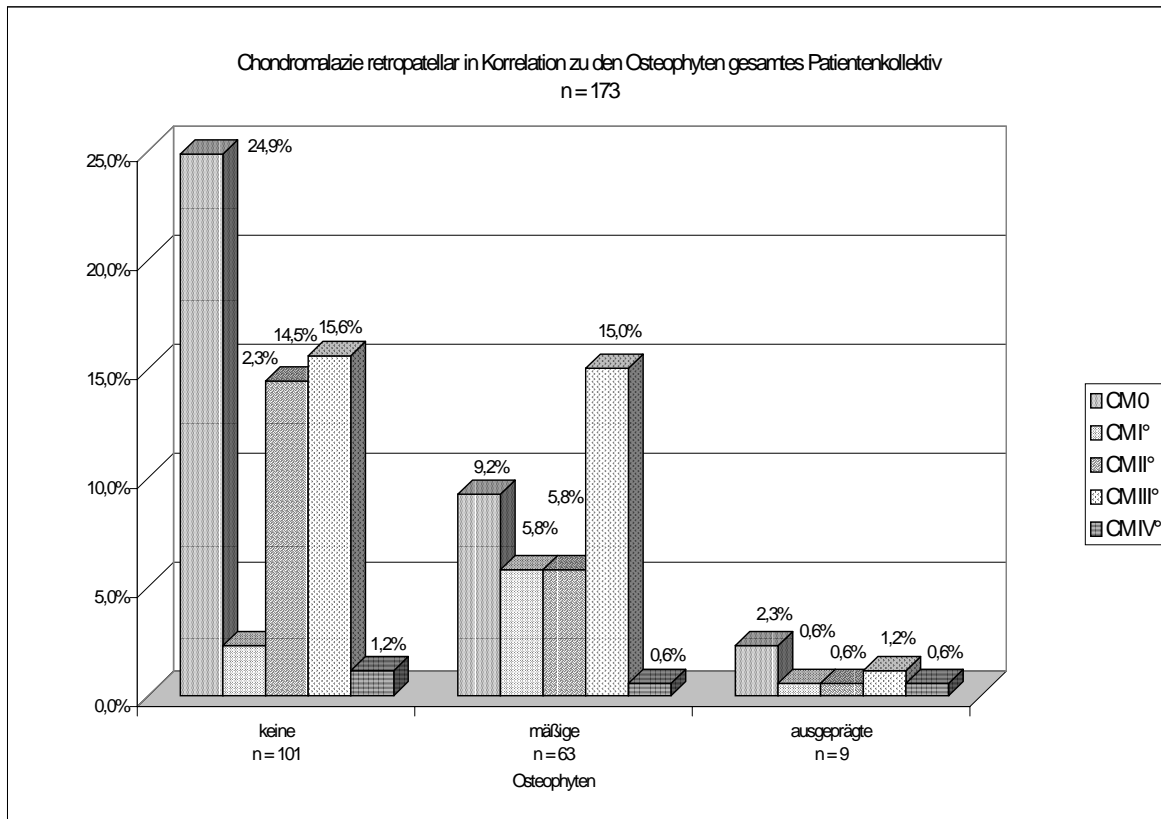
Osteophyten an der Area intercondylaris gibt es in knapp 50% aller Fälle; auch zeichnet sich eine Steigerung der höhergradigen Befunde in Gruppe III ab.

#### 11.7.2.2 Femoropatellargelenk

Im Femoropatellargelenk überwiegen bezüglich einer subchondralen Sklerosierung die unauffälligen radiologischen Befunde. Lediglich 15% haben dafür Anzeichen, die sich mit Zunahme des Rupturalters häufiger abzeichnen.

Ausgeprägtere Befunde zeigen sich bei der Überprüfung auf Osteophyten. Gering ausgeprägte Osteophyten lassen sich bei 63 (36,4%) Patienten erkennen.

Zusammenhänge bezüglich radiologischer Befunde und Chondromalaziestadium sind im Femoropatellargelenk nicht auszumachen (s. **Abb. 34**).



**Abb. 34** Chondromalazie retropatellar in Korrelation zu den Osteophyten gesamtes Patientenkollektiv

## 12 Diskussion

Das Kniegelenk ist durch seinen komplexen Aufbau sehr verletzungsanfällig und wird durch zunehmende und extreme Freizeitaktivitäten der Bevölkerung sowie den Straßenverkehr hohen Ansprüchen ausgesetzt.

Verletzungen verschiedenen Ausmaßes sind häufig; neben Meniskusverletzungen kommt es oft zur Schädigung des Kapsel-Band-Apparates komplexer Art. Die Diagnose und das Therapieergebnis sind stark von dem Können des erstbehandelnden Arztes abhängig.

Eine adäquate Therapie ist zur Wiederherstellung der vollen Funktionsfähigkeit des Kniegelenkes notwendig, um den Patienten lange Krankheitsverläufe mit teilweise extremem Leidensdruck und langen Rekonvaleszenzzeiten zu ersparen.

Das vordere Kreuzband ist eine häufig von Verletzungen betroffene ligamentäre Struktur des Kniegelenkes, die aufgrund der zentralen Funktion hinsichtlich der Gelenkstabilität einer entsprechenden Therapie bedarf. Die Funktionserhaltung verhindert Folgeschäden größerer Art.

Die vordere Kreuzbandpartial- oder -komplettruptur zählt immer noch zu den oft übersehenen Verletzungen des Kniegelenkes. In verschiedenen Literaturangaben wird beschrieben, dass frische vordere Kreuzbandrupturen in 60-90% fehldiagnostiziert werden [12,43]. Für den Erfolg einer konservativen Therapie, die einer Operation zunächst vorgezogen werden sollte, ist das Erkennen der Verletzung entscheidend. Eine operative Versorgung in der Frühphase kann zu Arthrofibrosen mit Bewegungsdefiziten führen [122,131].

Bei Versagen der primär konservativen Therapie sollte sekundär die operative Behandlung angeschlossen werden.

Noch in den 80er Jahren wurde diskutiert, ob eine Operation überhaupt erforderlich ist. Inzwischen steht fest, dass bei auftretender Instabilität eine Operation notwendig ist, um die Folgeschäden zu begrenzen. Über das optimale Operationsverfahren wird weiter diskutiert [66].

Relevant für die Entscheidung für oder gegen eine Operation sind sowohl die subjektiven Beschwerden des Patienten als auch der objektive Untersuchungsbefund.

Im Rahmen der Anamnese sollte erfasst werden, ob der Patient unter Schmerzen, Schwellneigung oder rezidivierender Ergussbildung leidet und insbesondere ob ein Stabilitätsverlust aufgetreten ist.

Bei den zahlreichen Tests, die zur Beurteilung einer anterioren Instabilität bekannt sind, empfiehlt es sich, diese auf ein ausgewähltes Minimum zu beschränken und anhand eines standardisierten Erhebungsbogens auszuwerten. Bei den in Straubing operierten Patienten wird präoperativ die Situation der anterioren Kniegelenkstabilität mittels vorderer Schublade, Lachman-Test und Pivot-shift-Test beurteilt.

Anhand der Kombination der subjektiven Beschwerden und des objektiven Untersuchungsbefundes wird entschieden, ob die Versorgung des Kniegelenkes mit einer vorderen Kreuzbandplastik notwendig ist.

Ziel dieser Operation ist es, den Patienten eine ausreichende Funktion des Kniegelenkes für die Alltagsbelastung zu gewährleisten und wenn möglich sogar die Sportfähigkeit wieder herzustellen.

Durch ein funktionstüchtiges Kniegelenk sollen Folgeschäden vermieden werden, um so eine daraus möglicherweise folgende Invalidität abzuwenden.

In Anbetracht dieser angestrebten Ergebnisse ist eine sorgfältige Planung des Procedere von großer Bedeutung.

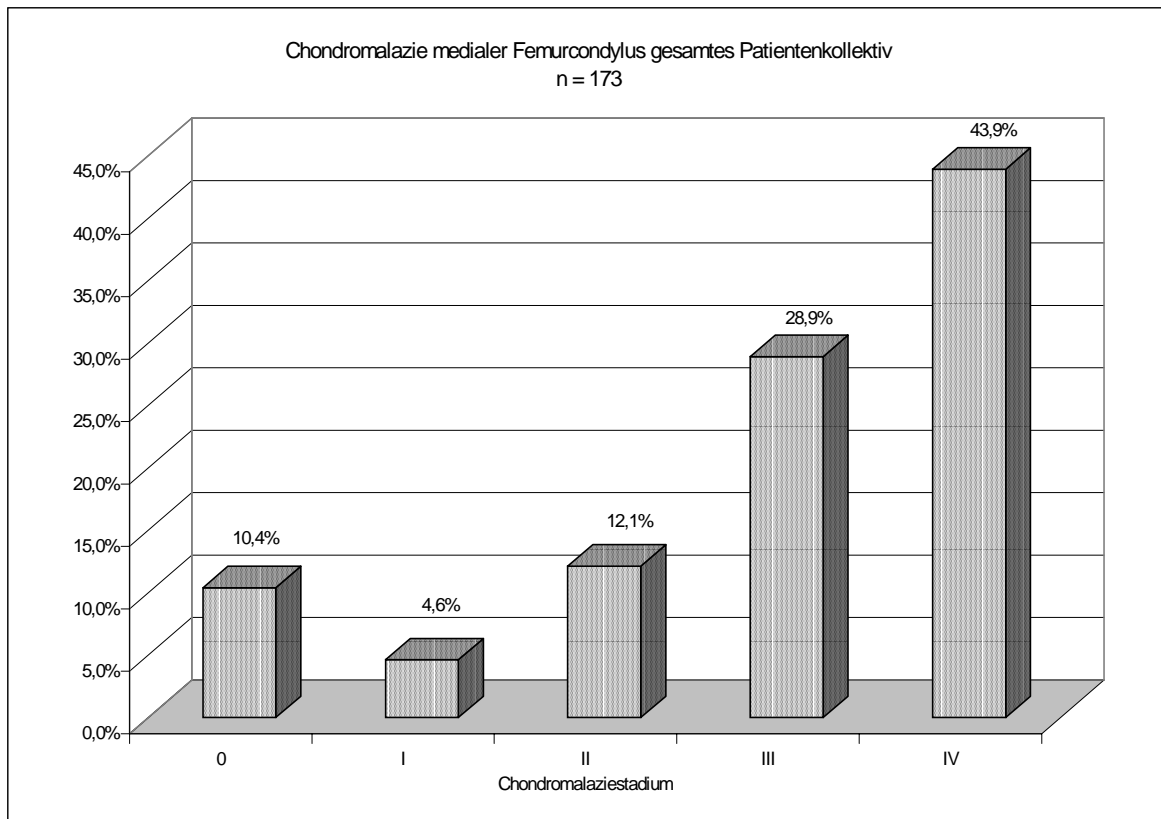
## 12.1 Knorpelbefund

In der Literatur wird der Knorpelschaden als einer der wichtigsten instabilitätsbedingten Folgeschäden beschrieben, der in der Störung des physiologischen Roll-Gleit-Mechanismus und des daraus folgenden Giving-way-Phänomens begründet ist. Die Lokalisation dieser Schäden wird typischerweise für den medialen Femurcondylus eminentianah und seltener auch retropatellar angegeben [36,43,72,108,122].

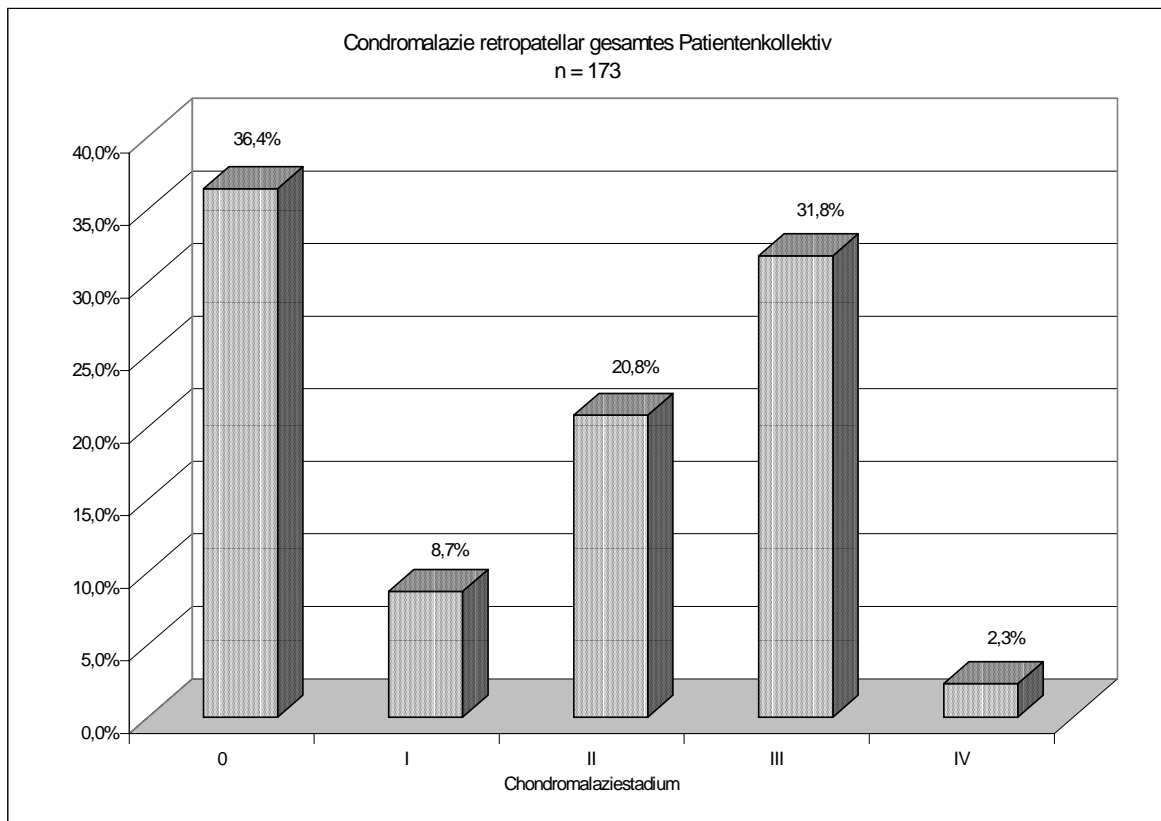
Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen dies eindeutig. Neben der Häufung von Knorpelschäden am medialen Femurcondylus – 155 (89,6%) aller Patienten – liegt hier der Prozentsatz an dritt- und viertgradigen Läsionen deutlich über den Werten der anderen A-reale. Retropatellar gibt es bei 110 (64,6%) Patienten einen pathologischen Befund. Während die Schäden des medialen Femurcondylus bei 50 (28,9%) Probanden dritt- und bei 76 (43,9%) bereits viertgradiger Ausprägung sind (s. **Abb. 35**), haben retropatellar 55 (31,8%) eine Chondromalazie III° aber nur 4 (2,3%) der Patienten eine IV° (s. **Abb. 36**).

Neben der Tatsache, dass der mediale Femurcondylus und die retropatellare Gelenkfläche Hauptsitz der Knorpelschäden sind, fällt auch auf, dass diese dort ausgeprägter sind als in den übrigen Gelenkabschnitten.

Das laterale Kompartiment, das mediale Tibiaplateau und auch die Trochlea femoris zeigen in allen Gruppen überwiegend eine intakte Knorpeloberfläche.



**Abb. 35** Chondromalazie medialer Femurcondylus gesamtes Patientenkollektiv



**Abb. 36** Chondromalazie retropatellar gesamtes Patientenkollektiv

## 12.2 Instabilität und Laxizität des Kniegelenkes

In der Literatur wird viel darüber diskutiert, welche Faktoren für die Entstehung und Ausprägung der Folgeschäden verantwortlich sind.

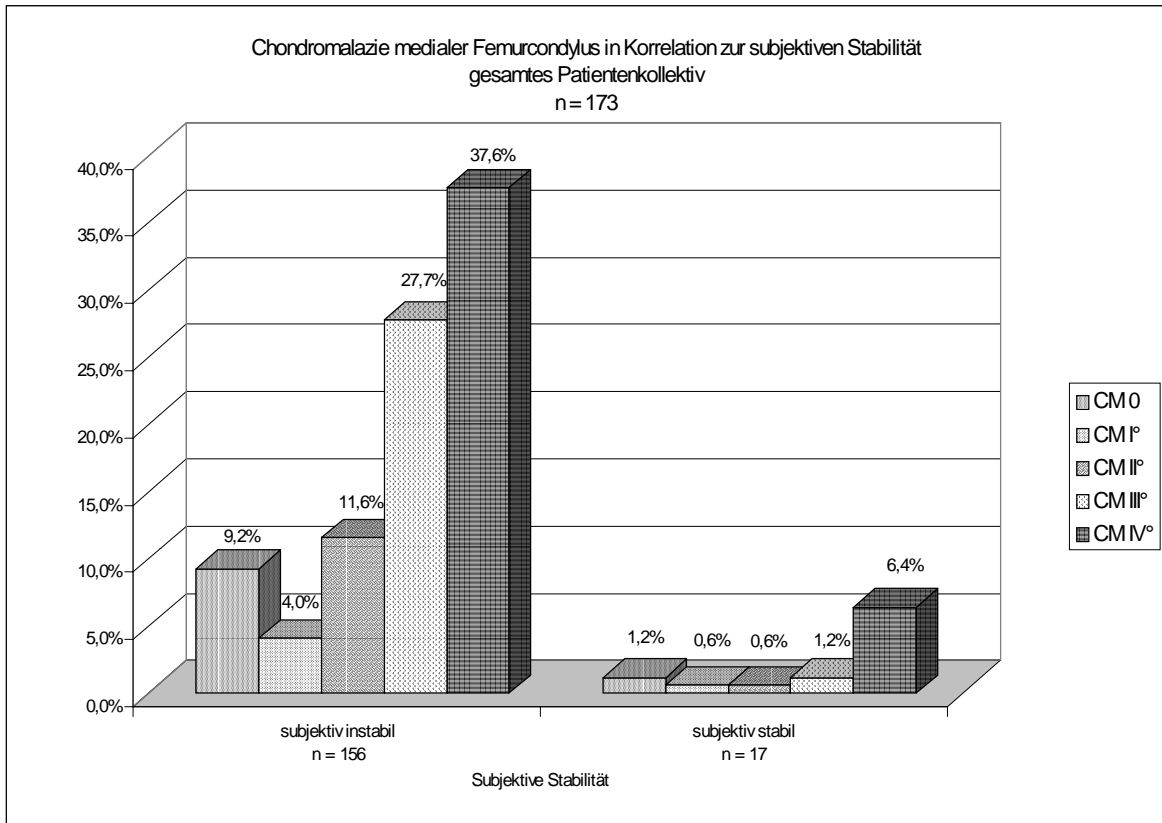
### 12.2.1 Subjektive Instabilität

In der vorliegenden Studie gaben 90% aller Patienten ein subjektives Instabilitätsgefühl für das verletzte Kniegelenk an. Das Auftreten dieses Unsicherheitsgefühls zeigt keine Korrelation zum Alter der vorderen Kreuzbandruptur, denn die Patienten der Gruppe I empfinden dies in 90,6% ebenso häufig wie die der Gruppe II (86,0%) und III (92,2%).

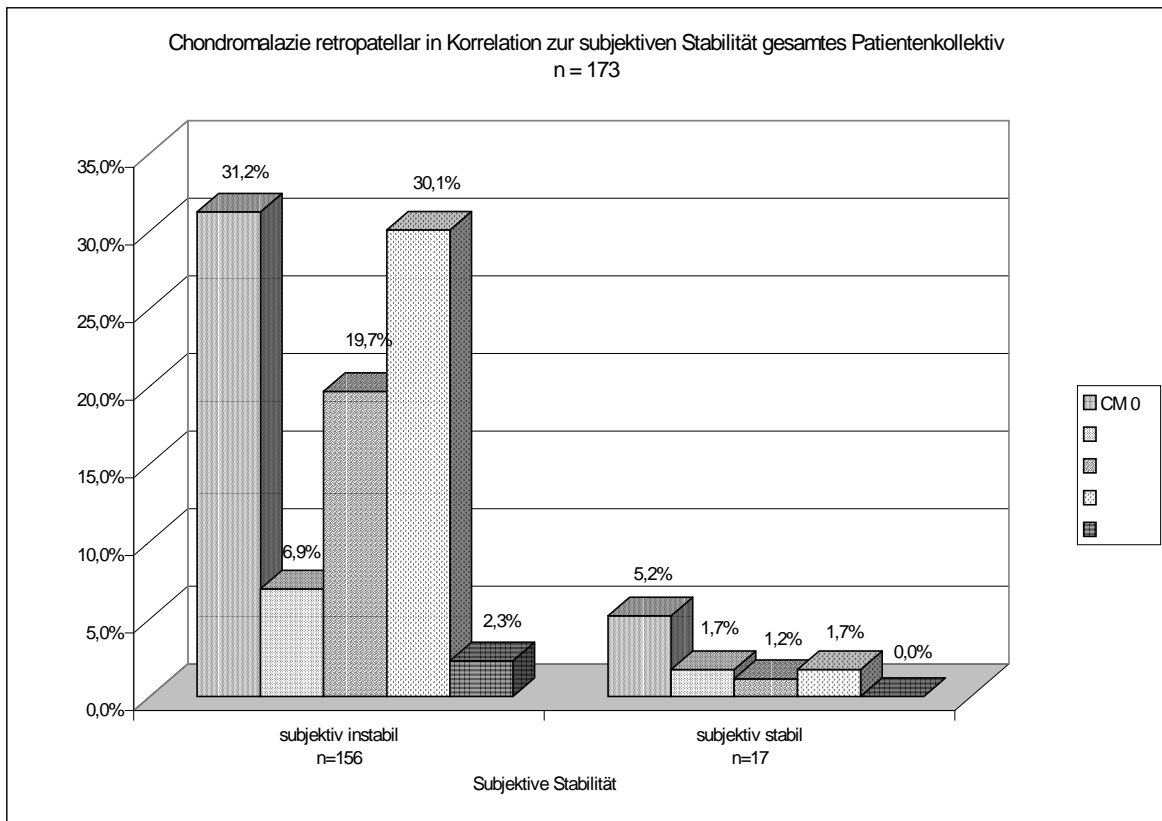
Diese Resultate verdeutlichen, dass eine muskuläre Kompensation der vorderen Kreuzbandinsuffizienz nur selten gelingt.

Von den 156 Patienten, deren Gelenk im Alltag keine ausreichende Stabilität erbringt, haben 65 (41,7%) eine Chondromalazie IV° und 48 (30,8%) eine III° am medialen Femurcondylus. Retropatellar ist es bei einem Drittel dieser Patienten zu einer drittgradigen Veränderung des Knorpelüberzuges gekommen (s. **Abb. 38**).





**Abb. 37** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subjektiven Stabilität gesamtes Patientenkollektiv



**Abb. 38** Chondromalazie retropatellar in Korrelation zur subjektiven Stabilität gesamtes Patientenkollektiv

Auffällig ist, dass 64,7% der 17 Patienten, die ihre Gelenkstabilität als zufriedenstellend bezeichneten, bereits ebenfalls einen viertgradigen Knorpelschaden am medialen Femurcondylus entwickelt haben (s. **Abb. 37**). Im Vergleich hierzu haben 73,1% der Patienten mit stabilem Gelenk lateral femoral eine intakte Knorpeloberfläche.

Die vorliegenden Werte zeigen, dass es bei instabilen Gelenken gehäuft zu Knorpelläsionen an den für die vordere Kreuzbandinsuffizienz typischen Stellen – medialer Femurcondylus und Retropatellarfläche – kommt. Auch die als subjektiv stabil empfundenen Kniegelenke entwickeln am medialen Femurcondylus deutlich häufiger und stärkere Knorpelveränderungen als in den anderen Gelenkabschnitten.

NOYES et al. [30] fanden eine positive Korrelation zwischen dem Giving-way-Phänomen und der Schwere der radiologischen Veränderungen bei Patienten mit einer chronischen vorderen Kreuzbandinsuffizienz.

Die meisten Autoren, die die Instabilität für die Entstehung von Folgeschäden als verantwortlich ansehen, legten ihren Untersuchungen aber nicht das subjektive Stabilitätsempfinden der Patienten sondern die Werte der objektiven Laxizität – wie des Lachman- oder Pivot-shift-Tests – zugrunde [15,16,84].

Es reicht folglich nicht aus, nur das subjektive Empfinden der Patienten bezüglich der Kniegelenksstabilität zu beurteilen.

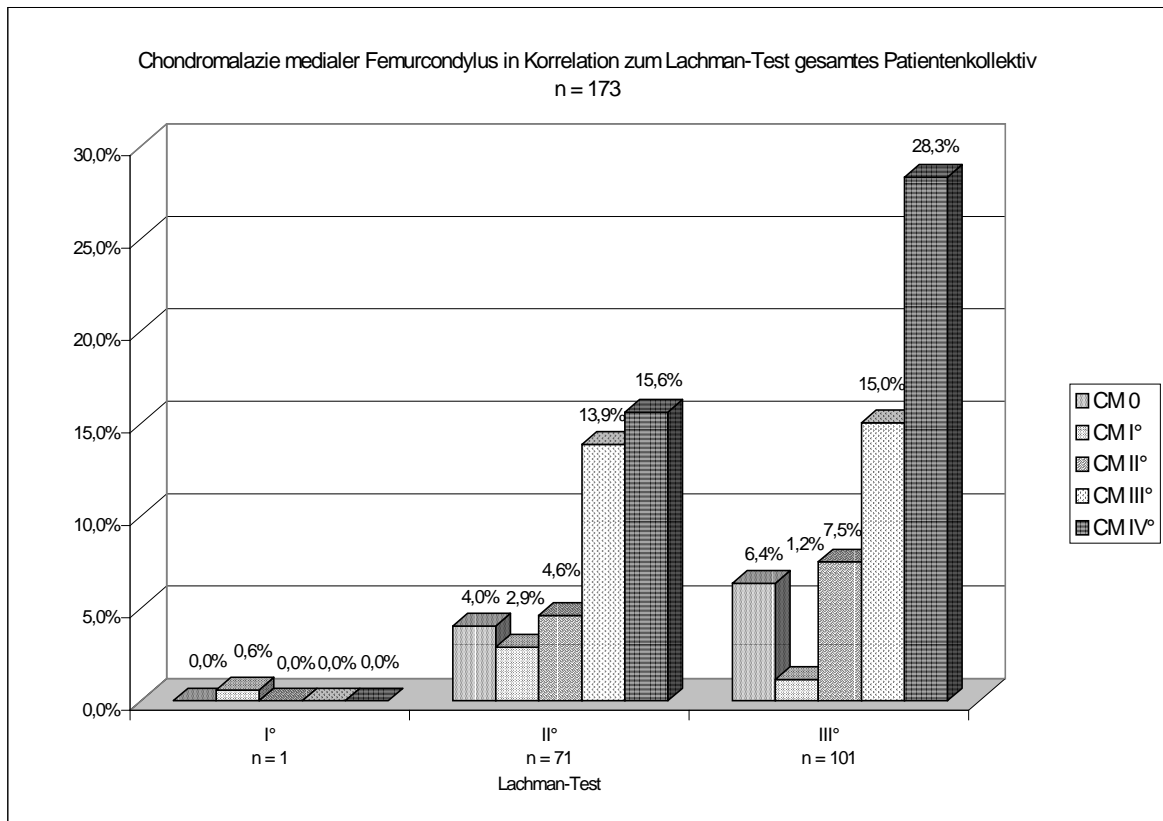
### **12.2.2 Lachman-Test**

Bei der Auswertung des eigenen Patientenkollektives fällt auf, dass lediglich bei einem Patienten ein Lachman-Test ersten Grades diagnostiziert wurde; dieser Betroffene gehört in die Gruppe mit den höchsten Rupturaltern.

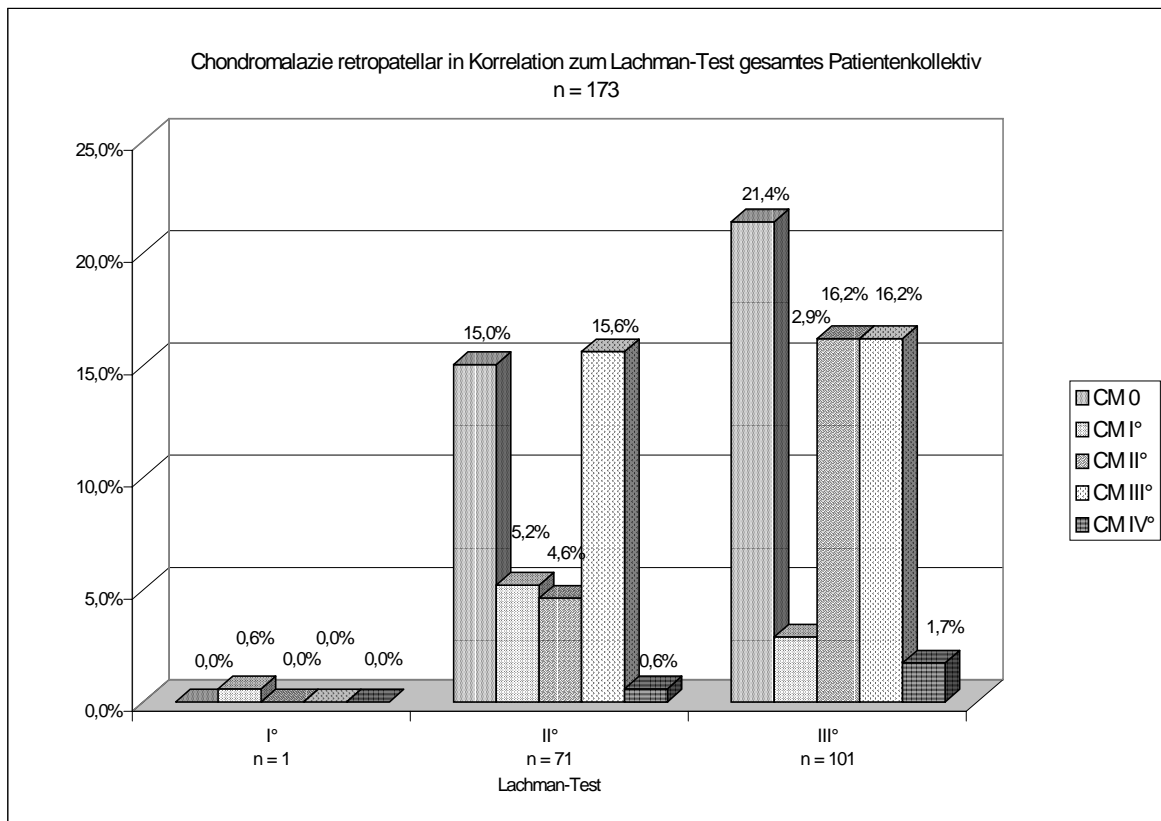
Die Tatsache, dass bei fast 100% der Patienten der Lachman-Test mit zweitem oder dritten Grad als pathologisch bewertet wurde, unterstreicht zum einen wieder die Behauptung der unzureichenden muskulären Kompensation und zum anderen, dass bei denjenigen, die sich subjektiv auf ihr Kniegelenk verlassen können, letztendlich keine ausreichende Stabilität vorliegt.

Die Auswertung der Befunde des medialen Femurcondylus erbringt in allen Gruppen eine Zunahme der viertgradigen Knorpelschäden bei steigender Laxizität (s. **Abb. 39**). Retropa-

tellar sind bei Ergebnissen II° und III° dritt- und viertgradige Schäden annähernd gleich verteilt (s. **Abb. 40**).



**Abb. 39** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Lachman-Test gesamtes Patientenkollektiv



**Abb. 40** Chondromalazie retropatellar in Korrelation zum Lachman-Test gesamtes Patientenkollektiv

Entgegen der Beobachtung von MENKE et al. [84], dass kein Zusammenhang zwischen dem Grad der Laxizität – ermittelt durch den Lachman-Test – und dem Chondromalaziestadium besteht, wird dies durch die vorliegenden Ergebnisse zumindest für die mediale femorale Gelenkfläche widerlegt.

### 12.2.3 Pivot-shift-Test

Der Pivot-shift-Test weist eine höhere Spezifität für die Diagnostik einer vorderen Kreuzbandruptur auf als der Lachman-Test. Oft erkennen die Patienten bei der Untersuchung herein ihr Instabilitätsgefühl wieder [56,123].

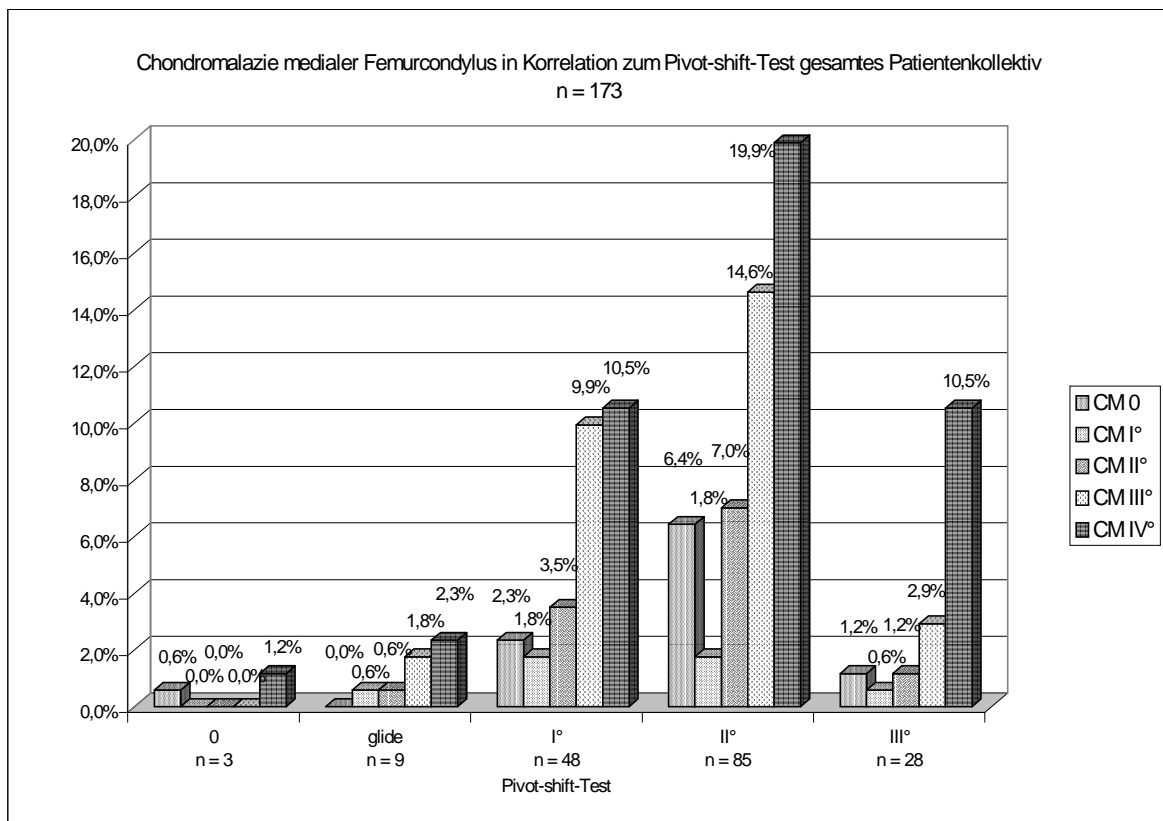
Das Maximum der Untersuchungsbefunde liegt im gesamten Patientenkollektiv mit 49,1% bei einem Pivot-shift-Test II°, gefolgt von erst- (27,7%) und drittgradigen (16,2%) Ergebnissen.

Bei der Gegenüberstellung von Pivot-shift- und Korpelbefunden fällt ähnlich den Ergebnissen des Lachman-Tests auf, dass bei zunehmender Laxizität gehäuft viertgradige Schäden auftreten. Diese Feststellung ist auf den medialen Femurcondylus begrenzt.

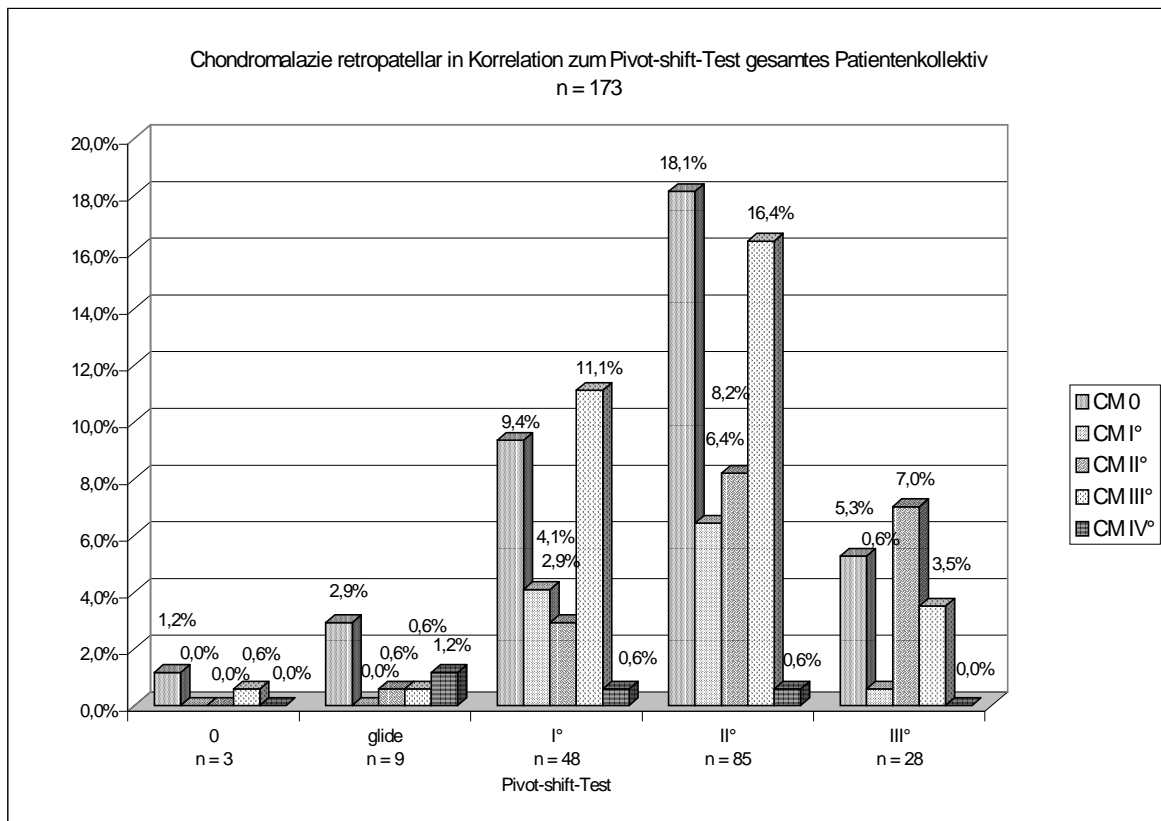
Es gibt zwar auch Chondromalaziefunde IV° bei Patienten mit negativem oder nur angedeutetem Pivot-shift-Phänomen, jedoch treten diese weitaus seltener auf als bei Patienten mit objektiv stabilem Kniegelenk (s. **Abb. 41**).

Die statistischen Ergebnisse des Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,83$  und der Signifikanz von  $p \leq 0,01$  bestätigen einen eindeutigen Zusammenhang zwischen dem mittels Pivot-shift-Test ermittelten Laxizitätsgrad und dem Chondromalaziestadium am medialen Femurcondylus.

Auch wenn es retropatellar öfter pathologische Befunde gibt als in den übrigen Arealen, lässt sich hier kein Bezug zur objektiven Laxizität nachweisen. Diese Ergebnisse treffen für die Patienten aller Gruppen gleichermaßen zu (s. **Abb. 42**).



**Abb. 41** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Pivot-shift-Test gesamtes Patientenkollektiv



**Abb. 42** Chondromalazie retropatellar in Korrelation zum Pivot-shift-Test gesamtes Patientenkollektiv

Viele Autoren, die die Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes und die daraus folgende Instabilität des Gelenkes für die Arthroseentwicklung als Hauptfaktor ansehen, legen in ihren Studien die Ergebnisse des Pivot-shift-Tests für den gestörten Roll-Gleit-Mechanismus zugrunde.

CONTEDEUCA et al. [19] fanden in ihrer Studie bezüglich des Chondromalaziestadiums sowohl einen Zusammenhang mit dem Rupturalter, als auch mit der Instabilität – gemessen am Ergebnis des Pivot-shift-Tests – und der sportlichen Aktivität der Betroffenen.

Auch BONAMO et al. [15], die Patienten mit konservativ behandelten vorderen Kreuzbandrupturen nachuntersuchten, konnten eine positive Korrelation zwischen Pivot-shift-Test und Arthroseentwicklung finden.

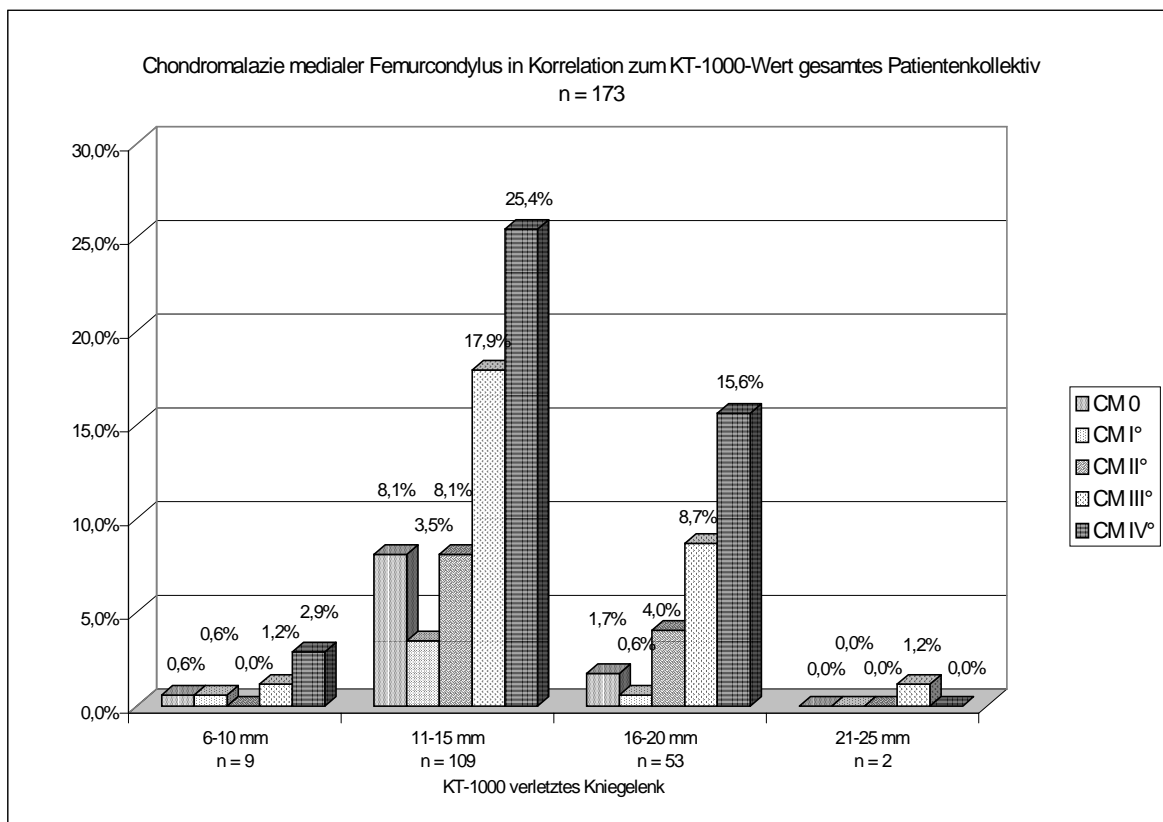
Übereinstimmend mit diesen Literaturstellen unterstreichen auch die Resultate der vorliegenden Studie, dass die Gelenklaxizität einen mitentscheidenden Einfluss auf die Ausbildung von Knorpelschäden hat und dass der Pivot-shift-Test eine zuverlässige Methode zur Beurteilung des Laxizitätsausmaßes des Kniegelenkes ist.

### 12.2.4 KT-1000

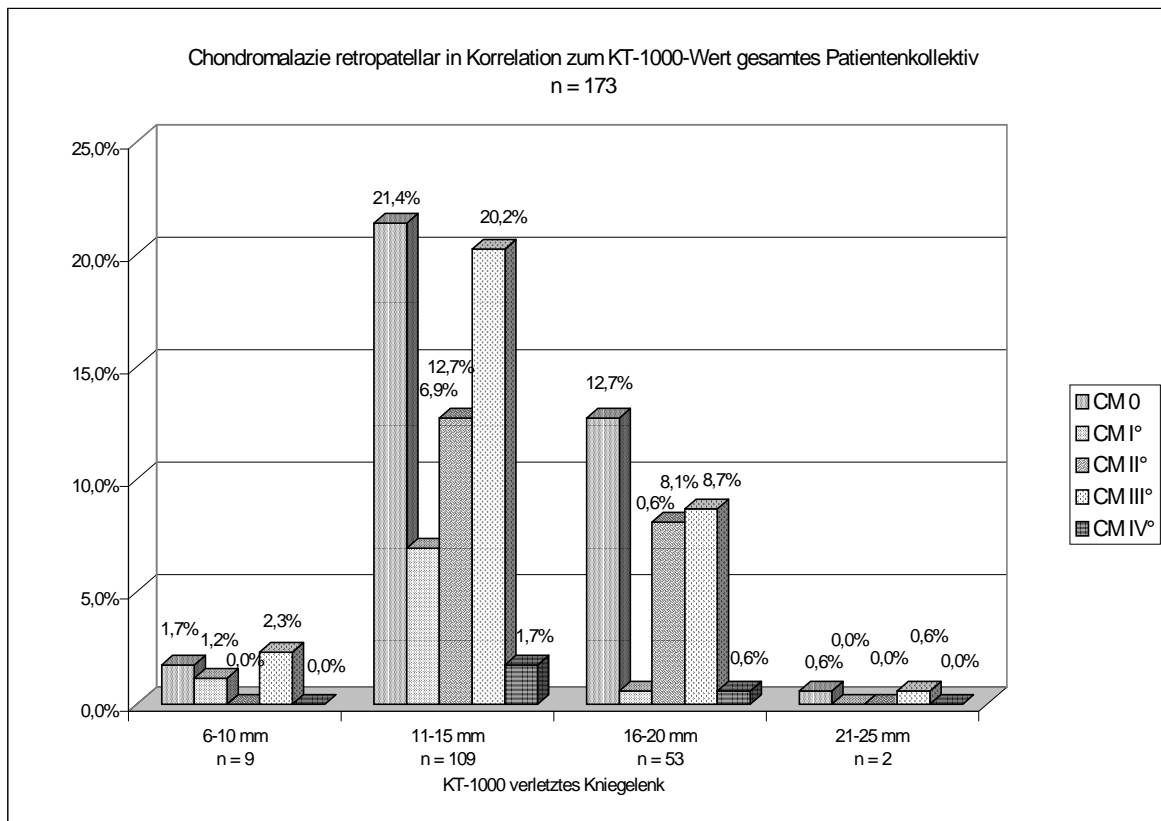
Untersuchungsbefunde von 0-5 mm, die einem physiologischen Zustand entsprechen, gibt es in allen Gruppen nicht. Die meisten Patienten (63,0%) haben eine anteriore Tibiatranslation von 11-15 mm und 30,6% von 16-20 mm.

Bei 77 Patienten wurde arthroskopisch medial femoral eine Chondromalazie IV° diagnostiziert. Von diesen haben 44 (57,1%) einen KT-1000 von 11-15 mm und 27 von 16-20 mm. Von den 109 Patienten, die ein Gelenkspiel zwischen 11 und 15 mm aufweisen, zeigen bereits 68,8% eine Chondromalazie des Stadiums III oder IV. Bei einer Translation zwischen 16 und 20 mm liegt dieser Anteil bei 79,2% (s. **Abb. 43**).

Die Beurteilung der Retropatellarfläche erbringt wie bei der Untersuchung des Lachman- und Pivot-shift-Tests keine Korrelation zwischen Ausmaß der Laxizität und Chondromalaziestadium (s. **Abb. 44**).



**Abb. 43** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum KT-1000-Wert gesamtes Patientenkollektiv



**Abb. 44** Chondromalazie retropatellar in Korrelation zum KT-1000-Wert gesamtes Patientenkollektiv

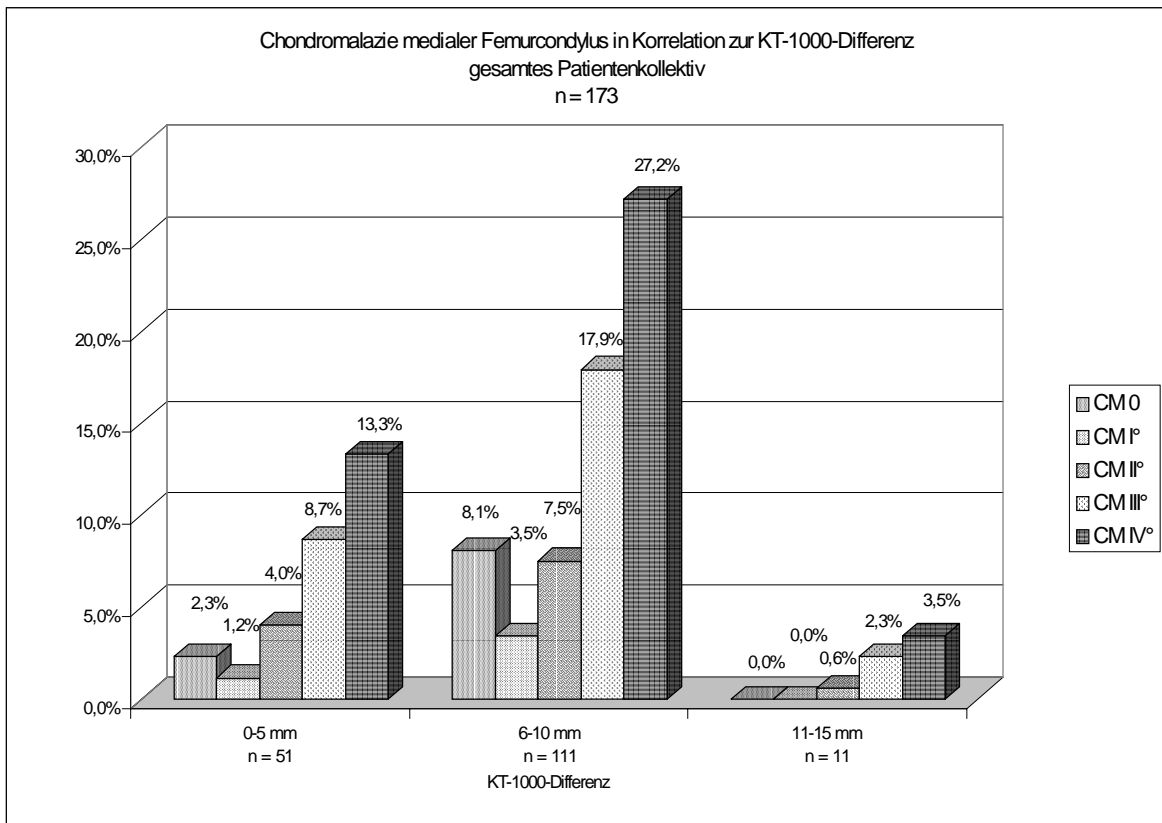
Alle weiteren Gelenkabschnitte zeigen sich unbeeinflusst von der Laxizität und der Vergleich der drei Patientengruppen erbringen wie auch die bisher diskutierten Ergebnisse annähernd identische Befunde.

Diese Ergebnisse unterstreichen wiederum die Vermutung, dass das Ausmaß der Laxizität ausschlaggebend für die Häufung von Folgeschäden des Kniegelenkes ist. Spezielle Studien, in denen die apparativ bestimmte Laxizität zugrunde gelegt wird, konnten nicht gefunden werden.

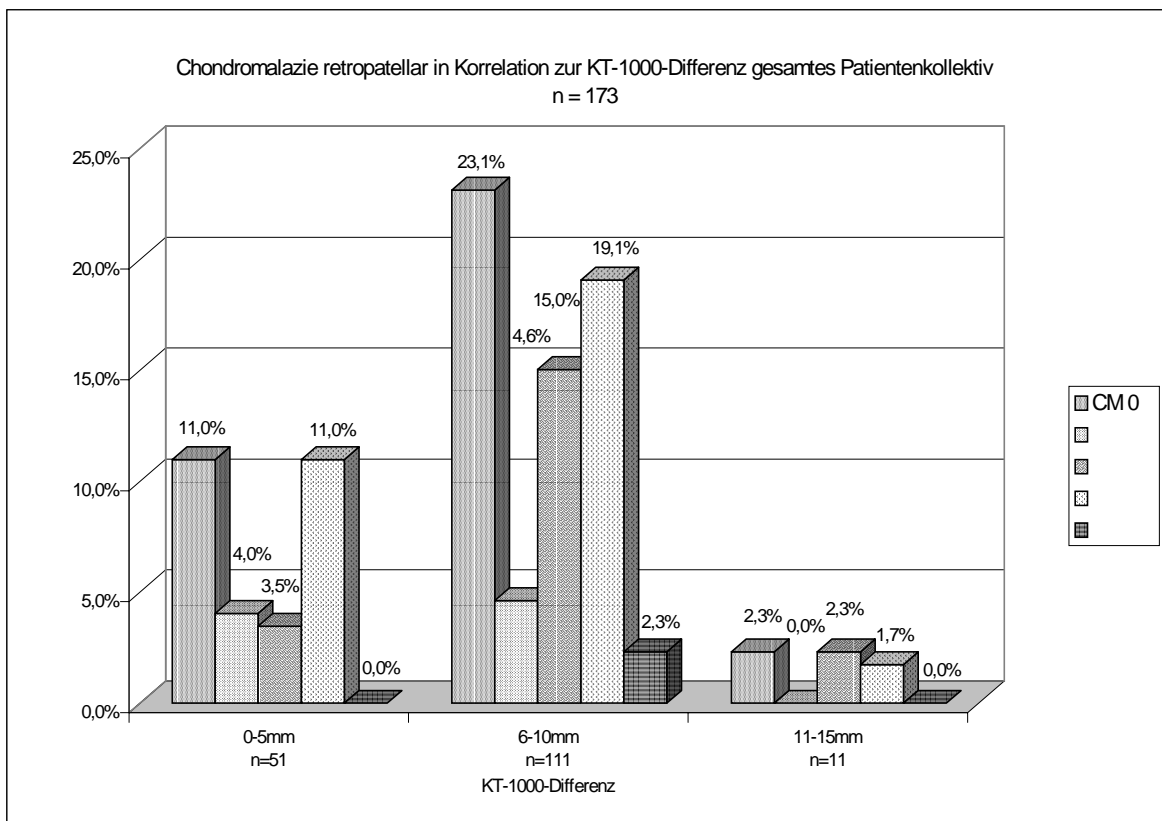
### 12.2.5 KT-1000-Differenz

Die Differenz der gemessenen KT-1000-Werte von verletztem und intaktem Kniegelenk ist noch aussagekräftiger hinsichtlich der Laxizität, da hierdurch die Einflussfaktoren einer allgemeinen Kapsel-Band-Laxizität und der untersucherabhängigen Ungenauigkeit reduziert werden.





**Abb. 45** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur KT-1000-Differenz gesamtes Patientenkollektiv



**Abb. 46** Chondromalazie retropatellar in Korrelation zur KT-1000-Differenz gesamtes Patientenkollektiv

Bei 111 (64,2%) Patienten zeichnet sich die Laxizität des verletzten Gelenkes durch eine Differenz von 6-10 mm aus, gefolgt von 0-5 mm (29,5%) und 11-15 mm (6,4%). Auch hier wird wieder das Hauptaugenmerk auf den medialen Femurcondylus gerichtet. Wie bereits in den drei vorausgegangenen Abschnitten dargestellt wurde, ist dort eine Zunahme der Chondromalaziestadien bei gesteigerter Laxizität auszumachen (s. **Abb. 45**). Wie auch bei den anderen Laxizitätstests lässt sich hier retropatellar kein Zusammenhang zwischen dem Grad der Laxizität und der Chondromalazie feststellen (s. **Abb. 46**). Abschließend die Aussage gemacht werden kann, dass neben der subjektiven Instabilität der Patienten vor allem die Beurteilung der Kniegelenkslaxizität durch den Untersucher von großer Bedeutung ist, da die Ergebnisse der vorliegenden Studie mit denen der Autoren konform gehen, die die Instabilität als Hauptverursacher der durch die vordere Kreuzbandinsuffizienz bedingten Folgeschäden beschreiben.

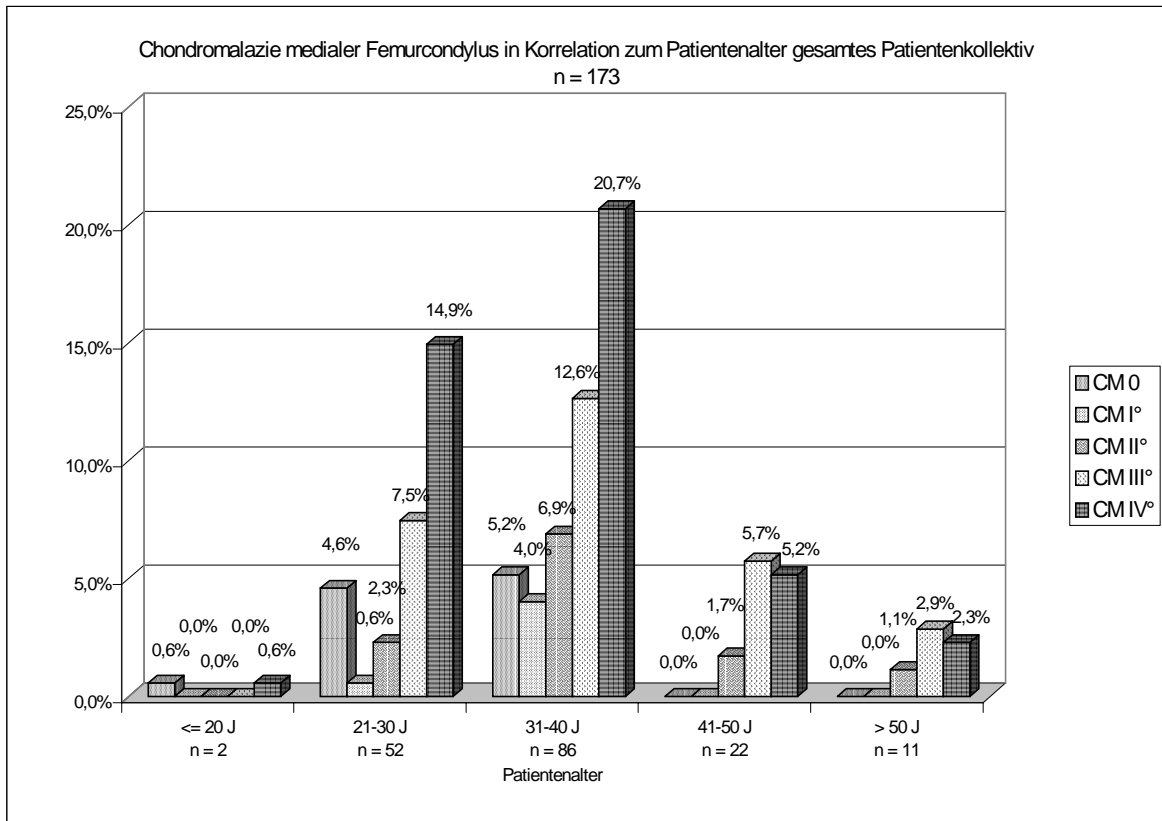
### 12.3 Patientenalter

Wie jedes Gewebe des menschlichen Körpers unterliegt auch der hyaline Knorpel des Kniegelenkes dem physiologischen Alterungsprozess. Da der hyaline Knorpel nur bedingt regenerationsfähig ist, fällt der Verschleißprozess hier verstärkt ins Gewicht.

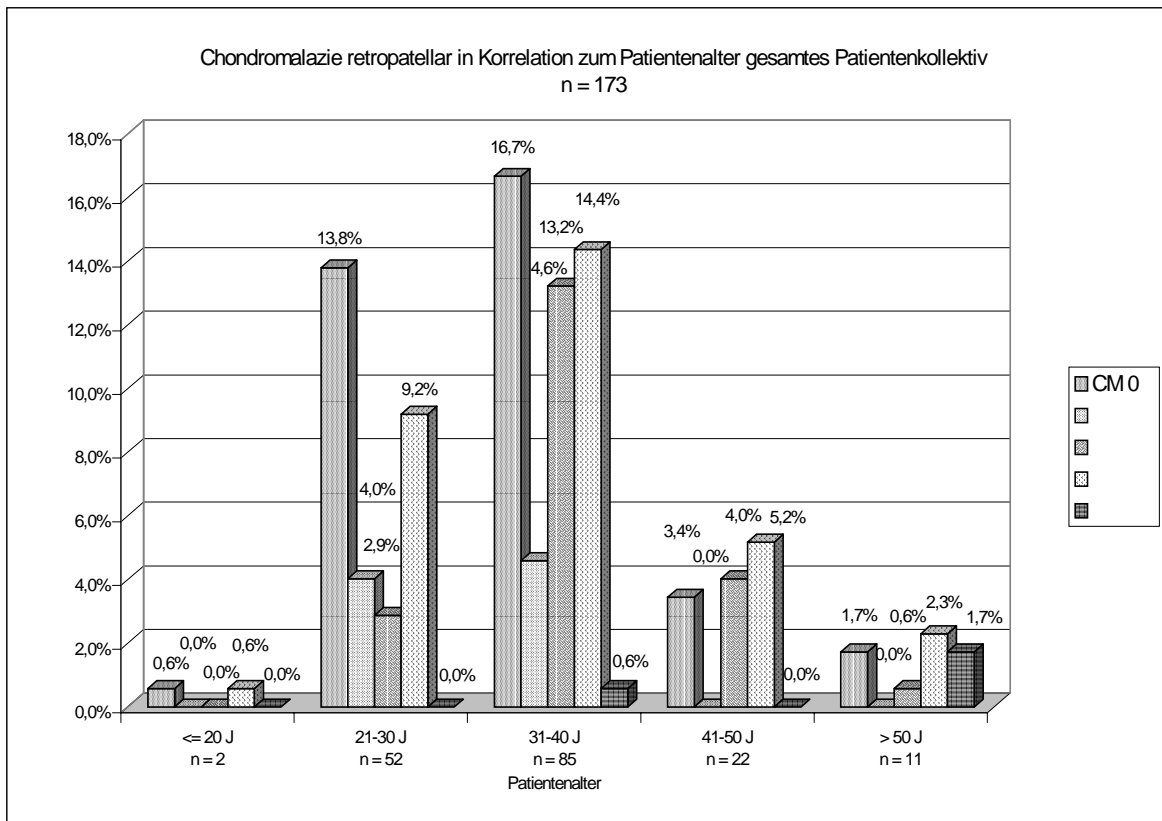
Arthrotische Veränderungen, die ihren Ursprung meist in Knorpelschäden nehmen, sind physiologischerweise im höheren Lebensalter häufiger anzutreffen als bei einer Vergleichsgruppe jüngeren Alters [26,43].

Interessant ist der Vergleich des lateralen und medialen Kompartments, um festzustellen, ob mit zunehmendem Alter außer in den bei vorderer Kreuzbandinsuffizienz typischen Arealen auch anderweitig vermehrt Knorpelschäden auftreten.

Die meisten Patienten waren zum Zeitpunkt der Operation zwischen 31 und 40 Jahre (49,7%) oder zwischen 21 und 30 (30,1%) Jahre alt. Das lässt sich auf die gesteigerte sportliche Aktivität in diesen Altersgruppen zurückführen. Die Untersuchungsgruppe der Patienten mit einem Rupturalter > 10 Jahren hat den größten Anteil an Patienten über 40 Jahre im Vergleich zu den anderen Gruppen und den geringsten Prozentsatz an 21 bis 30-jährigen.



**Abb. 47** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Patientenalter gesamtes Patientenkollektiv



**Abb. 48** Chondromalazie retropatellar in Korrelation zum Patientenalter gesamtes Patientenkollektiv

Am medialen Femurcondylus zeigt sich in allen Altersgruppen eine Häufung an dritt- und viertgradigen Knorpelschäden. Hält man die Knorpelbefunde des lateralen Femurcondylus dagegen, ist zu erkennen, dass bei den Patienten der Altersgruppe 21-30 Jahre noch 84,6% einen intakten Knorpel zeigten, während dies bei den 41 bis 50-jährigen 68,9% und bei den über 50 Jahre alten Patienten nur 54,5% sind.

Am lateralen und medialen Tibiaplateau sowie an der Trochlea femoris werden im höheren Lebensalter häufiger Knorpelschäden diagnostiziert. Dies lässt den Rückschluss zu, dass es teilweise bereits zu generalisierten Veränderungen der Knorpeloberfläche gekommen ist und der physiologische Alterungsprozess den Gelenkverschleiß fördert.

Interessant sind vor allem wieder die Befunde medial femoral und retropatellar, da es dort bereits in den jungen Altersgruppen ebenso zu Knorpelschäden gekommen ist, wie bei den älteren Patienten. Da diese Schäden deutlich über das physiologische Ausmaß dieser Altersgruppen hinausgehen, müssen diese Veränderungen einer anderen Ursache angelastet werden. Hierfür kommt die chronische vordere Kreuzbandinsuffizienz in Frage (s. **Abb. 47 und 48**).

Während BONAMO et al. [15] beschrieben, dass das Alter der Patienten keinen Einfluss auf die weiteren Veränderungen hat, wurde dies von MC DANIEL und DAMERON [83] sowie DEJOUR et al. [25] nicht bestätigt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie unterstreichen die Aussage der zuletzt genannten Autoren, dass mit zunehmendem Alter mit verstärkten Veränderungen des Gelenkknorpels zu rechnen ist.

## **12.4 Meniskusbefund**

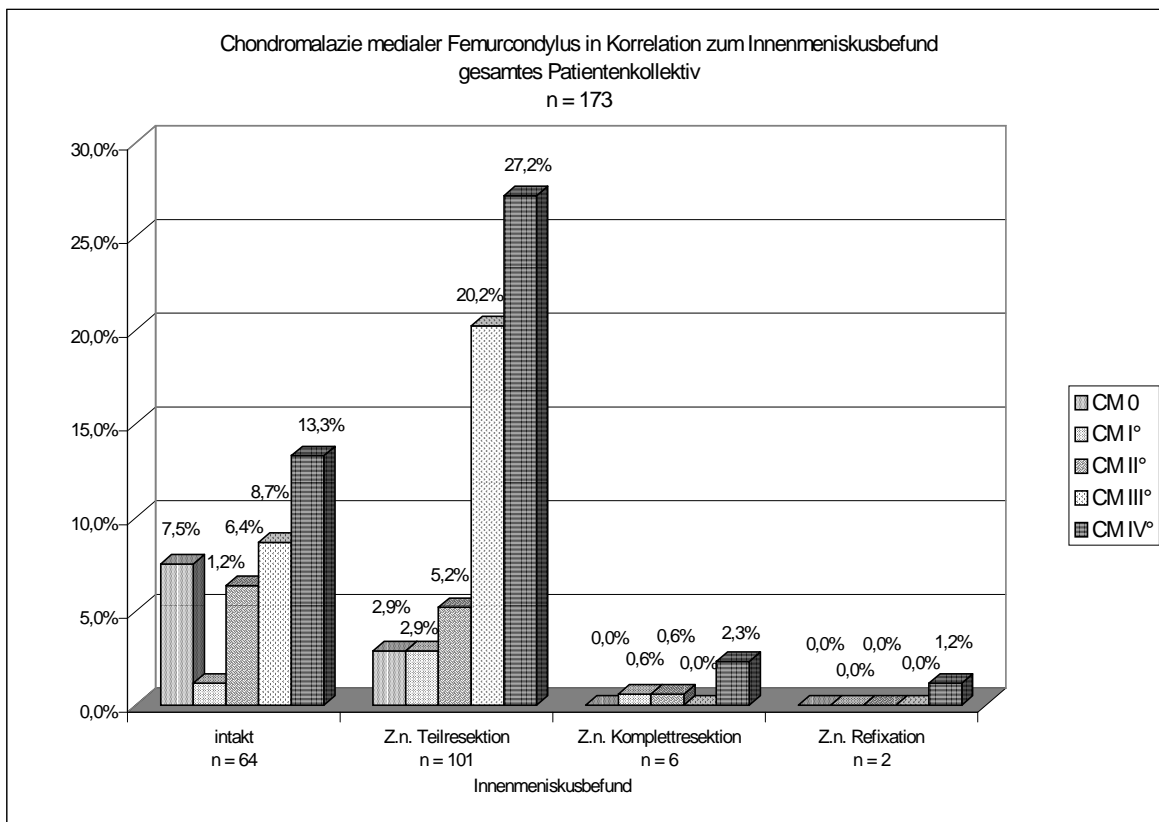
Aufgrund des engen Kontaktes des Innenmeniskus zu anderen Gelenkstrukturen, ist dieser wesentlich verletzungsanfälliger als der Außenmeniskus. Dies spiegelt sich auch in den vorliegenden Resultaten wider.

Im gesamten Patientenkollektiv stehen 109 (63,0%) Voroperationen des Innenmeniskus 28 (16,2%) des Außenmeniskus gegenüber. Dabei sind dies sowohl medial als auch lateral fast ausschließlich partielle Meniskektomien.

Von den 109 am Innenmeniskus Voroperierten weisen lediglich vier (3,7%) Patienten arthroskopisch eine intakte Knorpeloberfläche am medialen Femurcondylus auf, während dies tibial immerhin bei 50 (45,9%) Patienten der Fall ist. Für den Femurcondylus lässt

sich zudem feststellen, dass das Maximum der Knorpelschäden bei vorhandener Meniskusverletzung bei dritt- und viertgradigen Läsionen liegt (s. **Abb. 49**).

Wichtig hervorzuheben ist, dass auch die Patienten mit einem intakten Innenmeniskus in 23 (35,9%) von 64 Fällen bereits einen Schaden vierten Grades zeigen, wobei dies sogar überwiegend Patienten mit einem Rupturalter zwischen 0-5 Jahren betrifft. Auch die Tatsache, dass hierbei die Patienten der Altersgruppe 21-30 und 31-40 Jahre dominieren, lässt vermuten, dass neben dem Meniskusbefund die chronische vordere Kreuzbandinsuffizienz dafür mitverantwortlich zu machen ist.



**Abb. 49** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Innenmeniskusbefund gesamtes Patientenkollektiv

Analog dazu erfolgt die Auswertung des Außenmeniskusbefundes in Bezug auf das laterale Kompartiment. Bei intaktem Außenmeniskus haben 95 (76,0%) von 125 Patienten am lateralen Femurcondylus und 106 (84,8%) am lateralen Tibiaplateau einen physiologischen Knorpelbefund vorzuweisen. Zudem sind in dieser Lokalisation die Knorpelschäden selten viertgradiger Natur.

Die Intaktheit der Menisken ist für das Kniegelenk in mehrfacher Hinsicht von großer Bedeutung.

In Bezug auf die Ausbildung arthrotischer Veränderungen muss zum einen die Pufferwirkung der Menisken zwischen Femur und Tibia zur Druckentlastung der Knorpelflächen und andererseits die gelenkstabilisierende Wirkung aufgeführt werden [10,92,93,123,127].

Es wurde bereits belegt, dass der Verlust eines oder beider Menisken – teilweise oder komplett – für die Arthroseentstehung mitverantwortlich gemacht werden kann [25,113,114,120].

Vergleichende Studien, in denen Patienten mit alleiniger Meniskusoperation solchen gegenübergestellt werden, die zusätzlich eine vordere Kreuzbandruptur aufwiesen, ergaben deutlich mehr Arthrosezeichen für letztere Gruppe. Folglich nimmt die vordere Kreuzbandinsuffizienz einen deutlichen Einfluss auf die Entstehung arthrotischer Veränderungen [40,115].

FAIRBANK [38] beschrieb als Erster radiologische Veränderungen nach Meniskektomie, die später von weiteren Autoren bestätigt wurden.

LEVY et al. [59] identifizierten die Menisken als die wichtigsten sekundären Stabilisatoren gegenüber der anterior-posterioren Translation nach Verlust des vorderen Kreuzbandes.

Bei gleichzeitig vorliegendem Defekt des vorderen Kreuzbandes und des Innenmeniskus ist die vordere Schublade größer als bei alleinigem Verlust der ligamentären Struktur [45].

HACKENBROCH [115] beschrieb ein Gelenk nach partieller oder totaler Meniskektomie als eine präarthrotische Deformität, allerdings zeigen sich vermehrte Arthrosezeichen bei gleichzeitigem Verlust von vorderer Kreuzband- und Meniskusfunktion nach längerem Krankheitsverlauf.

GUDE und WAGENKNECHT [40] zeigten in einer Kontrolluntersuchung 10 Jahre nach erfolgter Innenmeniskusresektion bei gleichzeitig vorliegender Ruptur des vorderen Kreuzbandes bei über 90% der Patienten Arthrosezeichen. Dies lag deutlich über der Arthrosehäufigkeit bei der Kontrollgruppe mit ausschließlicher Meniskusverletzung, so dass der Schaden der vorderen Kreuzbandverletzung angelastet werden muss.

Nach Meniskektomie ist die Druckbeanspruchung des Kniegelenkes – vor allem auf die tibiale Knorpelfläche – aus drei Gründen erhöht.

1. durch Reduktion der Druckaufnahme­fläche zwischen Femur und Tibia
2. durch den Verlust der Transformationsfähigkeit von Druckbeanspruchung und
3. weil sich während der Flexions-Extensions-Bewegung die Kontaktfläche auf dem Tibiaplateau weniger verschiebt als auf dem Femurcondylus, wodurch die gleiche Stelle längerdauernder Belastung ausgesetzt wird [69].

SOMMERLATH et al. [119] stellten fest, dass eine totale Meniskektomie eine deutlich höhere Arthroseinzidenz zur Folge hat, als ein partieller Verlust der Meniskus. Sie sehen auch in der Meniskusverletzung neben der vorderen Kreuzbandinsuffizienz ein Risiko bezüglich der Entwicklung von Knorpelschäden.

FINK et al. [29] bestätigen zwar, dass eine durchgeführte Meniskektomie die radiologische Arthroseentwicklung begünstigt, sagen aber weiterhin, dass dieser Zusammenhang nicht signifikant sei, da der Röntgenbefund oft nicht mit dem klinischen Beschwerdebild übereinstimmt.

Übereinstimmend mit den meisten Angaben in der Literatur ist festzustellen, dass der Zustand der Menisken – und hier vor allem des Innenmeniskus – einen großen Einfluss auf die Entwicklung der arthrotischen Veränderungen hat und den Menisken eine knorpelprotektive Wirkung zuzuschreiben ist. Weiterhin lässt sich aus diesen Ergebnissen ableiten, dass der Funktionsfähigkeit des vorderen Kreuzbandes ebenfalls eine große Rolle hinsichtlich des Knorpelschutzes zugesprochen werden muss.

## **12.5 Rupturalter**

In der Literatur wird häufig das Rupturalter für das Fortschreiten der arthrotischen Veränderungen verantwortlich gemacht. Hierfür wurden jedoch in der Regel die radiologischen Befunde herangezogen, so dass es interessant ist, auch die arthroskopischen Befunde zum Vergleich zu verwenden.

Die Unterteilung der Patienten erfolgt bezüglich des Rupturalters in drei Gruppen. In der Gruppe I mit einem Rupturalter von 0-5 Jahren liegt der Anteil der Patienten deren Verlet-

zung zum Zeitpunkt der operativen Versorgung noch kein Jahr alt war bei 20 (37,7%), so dass es zu einem Durchschnittswert von 2,1 Jahren kommt. Gruppe II (6-10 Jahre) zeigt mit einem durchschnittlichen Rupturalter von 8,3 Jahren ein ausgeglichenes Bild und in Gruppe III >10 Jahre liegt der Durchschnitt bei 14,8 Jahren bei einer Streubreite von 10-30 Jahren.

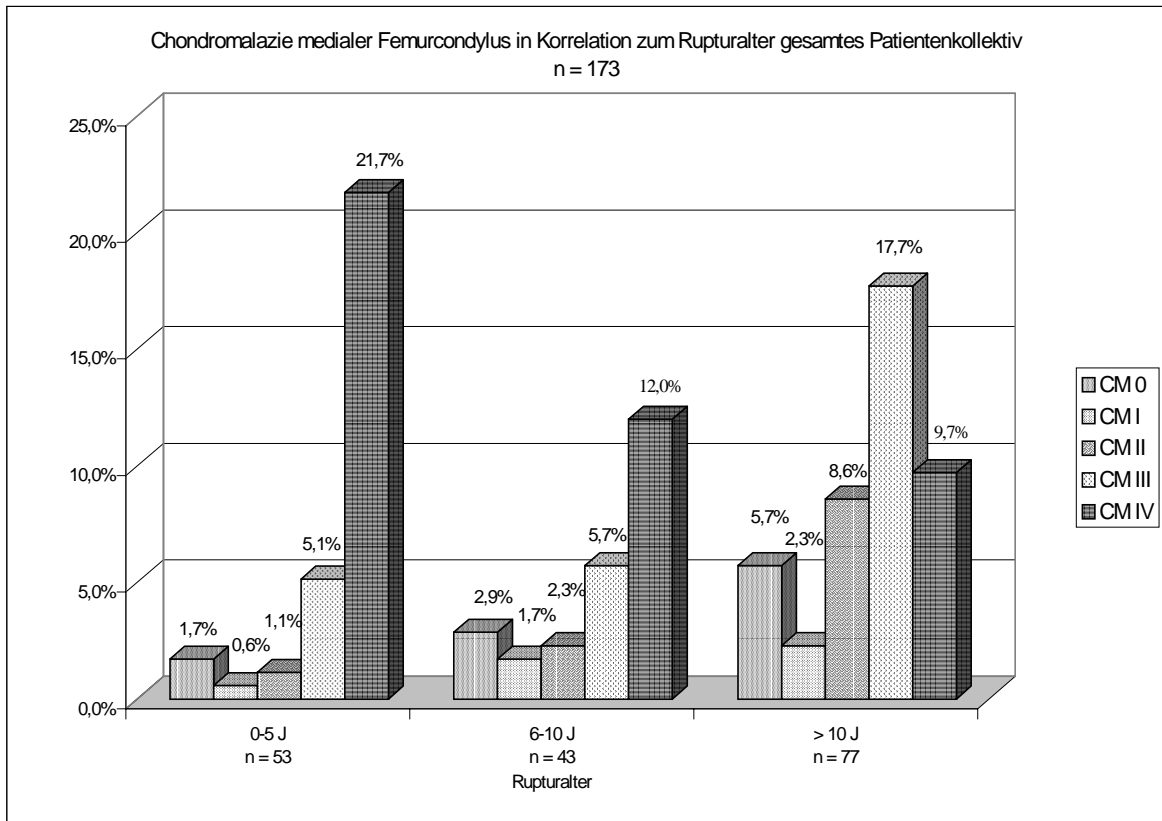
Auch in dieser Untersuchung wird der Betrachtung des medialen Femurcondylus und der Retropatellarflächen der Vorrang gegeben und es zeigt sich an der femoralen Lokalisation, dass die dritt- und viertgradigen Knorpelschäden an Häufigkeit abnehmen, je länger die Verletzung zurückliegt (s. **Tab. 13** und **Abb. 50**). Dies wird durch den Korrelationskoeffizienten  $r = 0,27$  unterstrichen.

<b>Medialer Femurcondylus</b>					
	<b>Chondromalazie IV°</b>		<b>Σ Chondromalazie III° + IV°</b>		<b>n</b>
<b>Gruppe I</b>	38	71,7%	47	88,7%	53
<b>Gruppe II</b>	21	48,8%	31	72,3%	43
<b>Gruppe III</b>	17	22,1%	48	62,3%	77

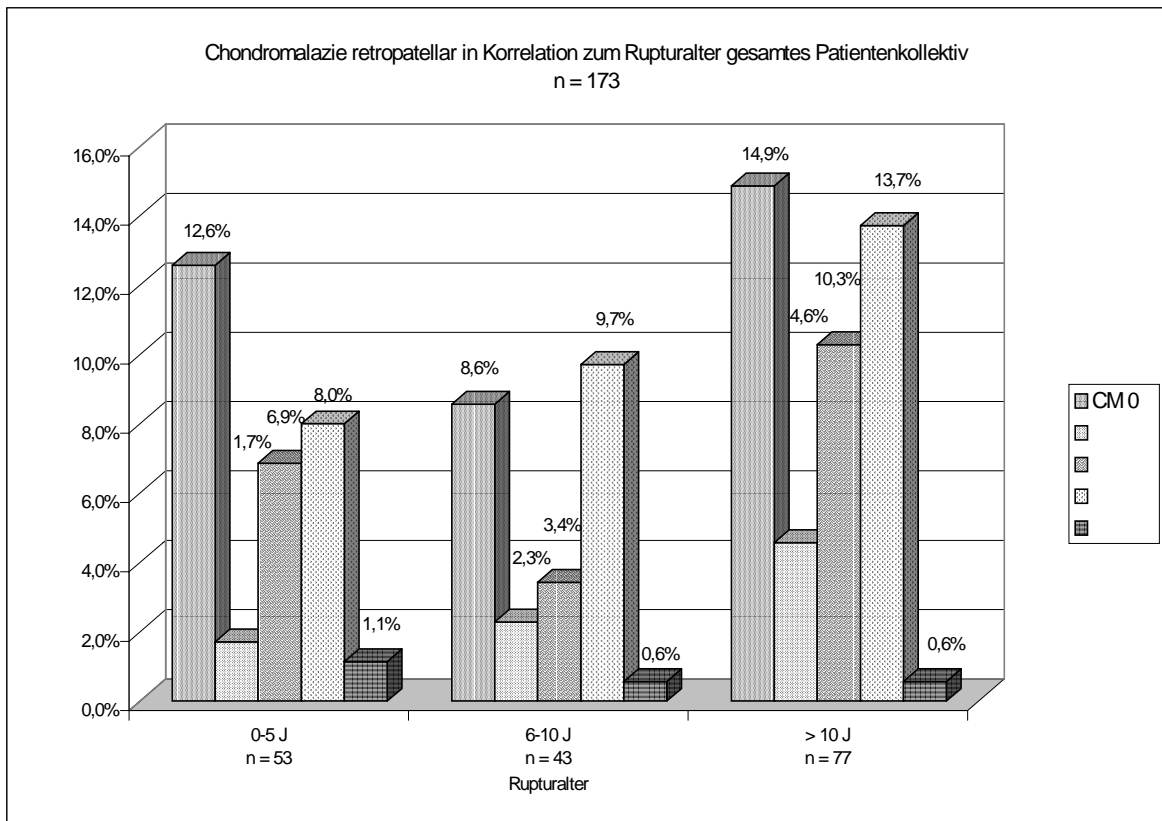
**Tab. 13** Chondromalazie III° und IV° medialer Femurcondylus – Rupturalter

Für die retropatellare Knorpelfläche ist dies nicht eindeutig. Hier liegt bei einem Drittel aller Patienten mit vorderer Kreuzbandruptur gleich welchen Rupturalters eine Chondromalazie dritten Grades vor, so dass keine eindeutige Zunahme an Knorpelschäden bei älteren Verletzungen auszumachen ist (s. **Abb. 51**).





**Abb. 50** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Rupturalter gesamtes Patientenkollektiv



**Abb. 51** Chondromalazie retropatellar in Korrelation zum Rupturalter gesamtes Patientenkollektiv

CONTEDEUCA et al. [19] konnten einen Zusammenhang zwischen dem Rupturalter und arthrotischen Veränderungen nachweisen, sofern die Verletzung mindestens 24 Monate alt war.

MC DANIEL und DAMERON [83] stellten eine Vergleichsuntersuchung bei Patienten mit unbehandelter vorderer Kreuzbandruptur an, wobei sie die 10-Jahresergebnisse denen derer 14 Jahre nach Trauma gegenüberstellten. Auch hier wurde eine Zunahme der radiologischen Arthrosezeichen, die sich überwiegend am medialen Femurcondylus fanden, beschrieben.

Auch NOYES et al. [30] untersuchten Patienten bezüglich der Arthroseentwicklung bei vorderer Kreuzbandinsuffizienz und berichteten, dass Patienten mit einem Rupturalter >5 Jahre massivere radiologische Veränderungen aufwiesen, als Patienten, deren Verletzung jünger als 5 Jahre war.

SUTER et al. [125] beobachteten bei Hunden die kernspintomographischen Veränderungen des Knorpels 36-54 Monate nach der Durchtrennung des Lig. cruciatum craniale, das funktionell dem menschlichen vorderen Kreuzband gleichzusetzen ist und stellten auch eine deutliche Zunahme der Schäden im zeitlichen Verlauf fest.

Bei all diesen Studien ist kritisch anzumerken, dass kein arthroskopischer Befund, sondern lediglich die Veränderungen der Röntgen- oder Kernspintomographiebefunde herangezogen wurden.

Aus klinischer Erfahrung und aus der Literatur ist bekannt, dass der arthroskopische und radiologische Befund oft nicht übereinstimmen [30].

Zusammenfassend bedeutet das für die vorliegende Studie, dass die Resultate nicht konform mit den Beschreibungen vieler Autoren gehen und die Dauer der bestehenden vorderen Kreuzbandinsuffizienz nicht unbedingt für die Arthroseentstehung entscheidend sondern nur ein Faktor von vielen ist.

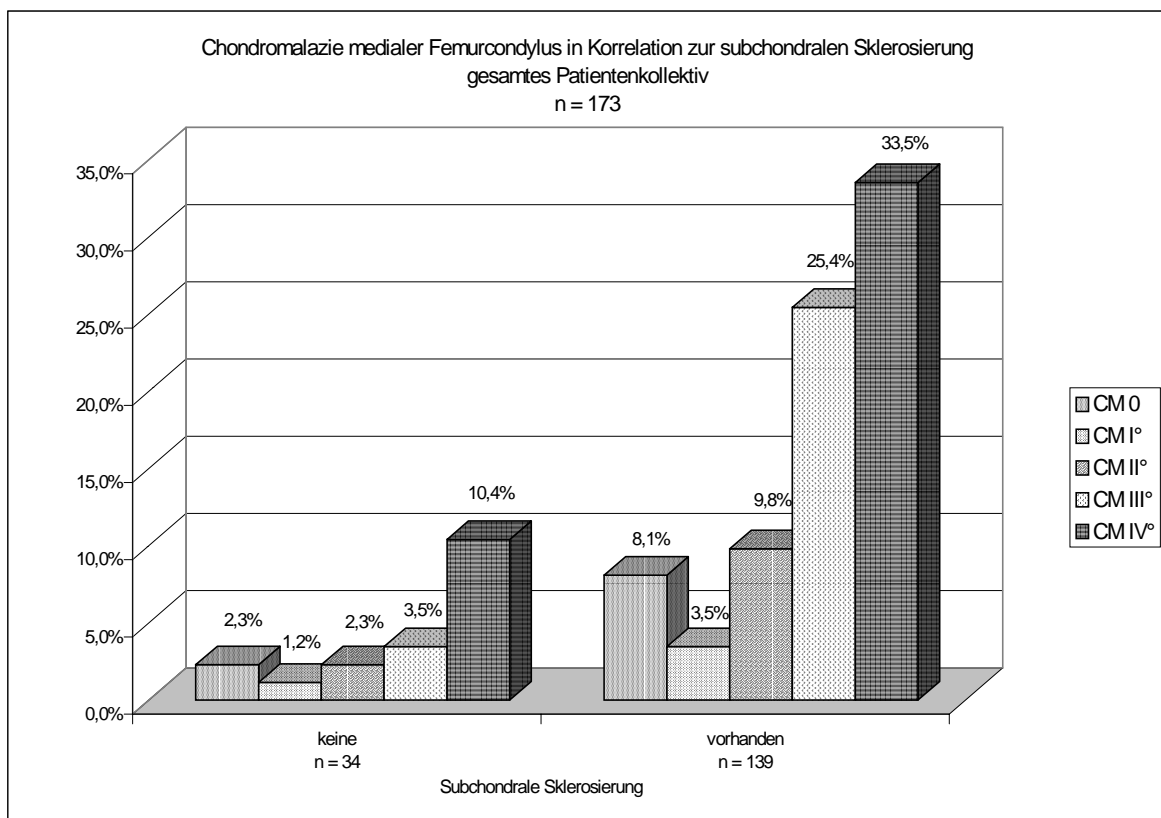
## **12.6 Röntgenbefund**

Neben der subchondralen Sklerosierung und den Konturunregelmäßigkeiten sind osteophytäre Anbauten unter den vielen bekannten radiologischen Arthrosezeichen die auffälligsten. Es sind typische radiologische Veränderungen bei bestehender Kniegelenksinstabilität infolge Verletzung des vorderen Kreuzbandes bekannt. Neben den Arthrosezeichen in Form von subchondraler Sklerosierung, Konturunregelmäßigkeiten,

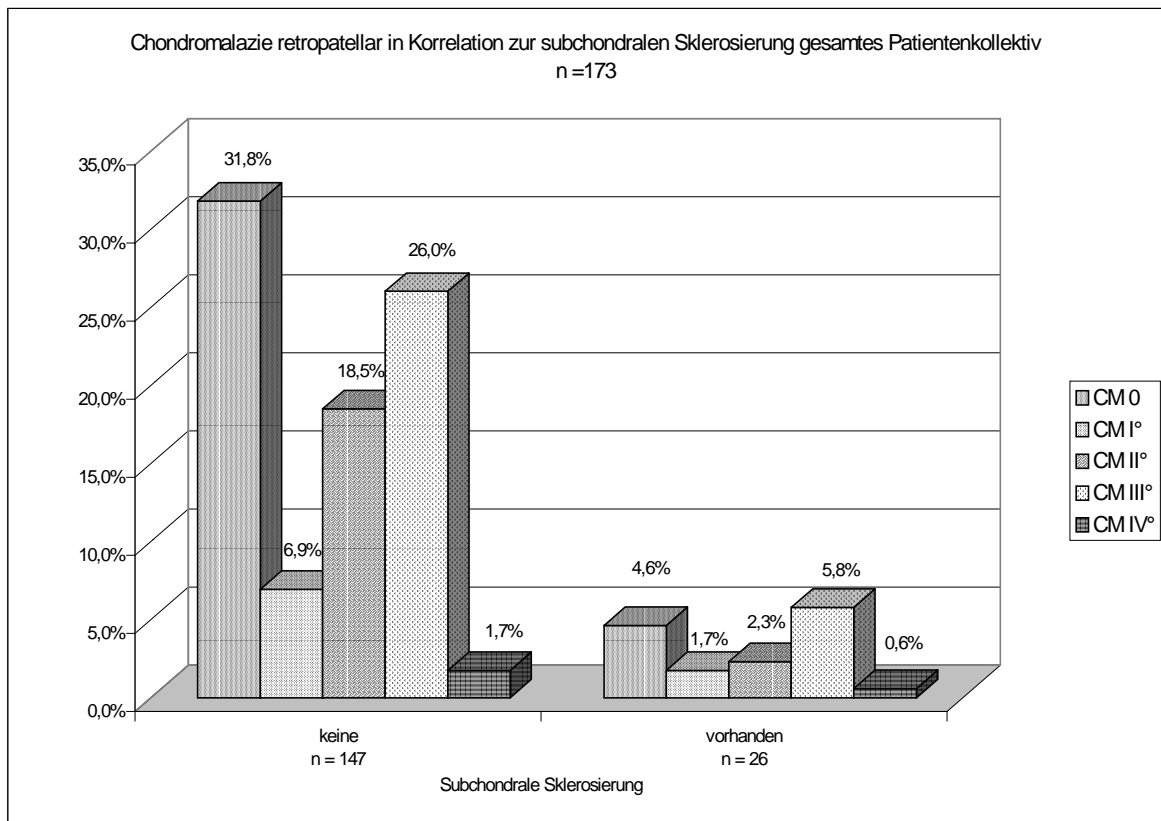
Gelenkspaltverschmälerung und Osteophyten - vor allem im medialen Kompartment - sind Einengungen der Fossa intercondylaris durch Osteophyten und Veränderungen an der Eminentia intercondylaris in Form von Ausziehungen und Verplumpungen beschrieben [57].

Aufgrund der Tatsache, dass aus der Instabilität eine vermehrte Belastung der dorsalen Gelenkabschnitte resultiert, ist auch hier mit vermehrten Arthrosezeichen zu rechnen.

Im Bereich des medialen Kompartments haben 119 (68,7%) Patienten Osteophyten unterschiedlicher Ausprägung. Bei den Betroffenen liegen auch arthroskopisch am medialen Femurcondylus in allen Gruppen gleichermaßen dritt- und viertgradige Knorpelschäden vor. Diese Aussage trifft auch für das Vorhandensein von Konturunregelmäßigkeiten zu. Bei der subchondralen Sklerosierung, die bereits bei 139 (80,3%) aller Patienten zu erkennen ist, gibt es eine interessante Feststellung, denn hier wird auch bei 70,6% die radiologisch keine Sklerosierung aufweisen arthroskopisch eine Chondromalazie III° oder IV° diagnostiziert (s. **Abb. 52**).



**Abb. 52** Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subchondralen Sklerosierung gesamtes Patientenkollektiv



**Abb. 53** Chondromalazie retropatellar in Korrelation zur subchondralen Sklerosierung gesamtes Patientenkollektiv

Das Auftreten von Knorpelläsionen wie auch das Auffinden von radiologischen Veränderungen ist im lateralen Kompartiment deutlich seltener als medial. Das Vorhandensein einer subchondralen Sklerosierung oder von Osteophyten bedeutet hier aber nicht gleichermaßen, dass es zu ausgeprägten pathologischen Veränderungen des Knorpels gekommen ist. Die für eine chronische vordere Kreuzbandinsuffizienz typischen Veränderungen im Bereich der Notch und Eminentia intercondylaris sind in allen Gruppen zu fast 70% vertreten. Auch im dorsalen Gelenkabschnitt finden sich in über 60% Osteophyten unterschiedlicher Ausprägung.

Im Femoropatellargelenk zeigen sich wider Erwarten nur bei 15% aller Patienten der Hinweis für eine subchondrale Sklerosierung, dafür ist es aber bei 36,4% zur Osteophytenbildung gekommen. Auch hier liegt keine Korrelation zwischen radiologischem und arthroskopischem Befund vor (s. **Abb. 53**).

In der Literatur sind auch zu diesem Thema zahlreiche Studien bekannt.

PATTEE et al. [107] wiesen bei Patienten mit nicht behandelter vorderer Kreuzbandruptur 4-10 Jahre nach Verletzung in 65% radiologische Hinweise auf degenerative Veränderungen am medialen Femurcondylus in Form von subchondraler Sklerosierung und Osteophyten nach.

Sie beschrieben weiterhin, dass es dabei keinen Zusammenhang zwischen den radiologischen Erscheinungen und dem Meniskusbefund gibt.

MC DANIEL und DAMERON [83] fanden ebenfalls bei unbehandelter Ruptur gehäuft radiologische Arthrosezeichen, vor allem am medialen Femurcondylus, wobei sie aber einen zusätzlichen Einfluss durch ein hohes Körpergewicht, hohes Patientenalter oder große sportliche Aktivität festmachen konnten.

FUNK [35] stellte fest, dass Osteophyten nicht notwendigerweise ein Zeichen degenerativer Knorpelschäden sind und somit die Diagnose der Arthrose nicht vom Vorhandensein von Osteophyten abhängig gemacht werden sollte.

SANDHOLZER et al. [113] fanden in ihrer Studie, dass im Röntgenbild ein hohes mediales Tuberculum nur bei gleichzeitiger Verplumpung als ein Hinweis auf eine alte Kreuzbandverletzung anzusehen ist. Osteophyten an der Eminentia sind als ein Zeichen des Reparationsversuches zu werten, um die Rotationsachse des Kniegelenkes wieder zu zentrieren.

Wie in den aufgeführten Studien beschrieben, belegen auch die eigenen Ergebnisse, dass es bei vielen Patienten mit einer chronischen vorderen Kreuzbandinsuffizienz zu radiologischen Arthrosezeichen gekommen ist. Diese sind jedoch kein sicherer Hinweis für das Vorliegen und die Ausprägung der Knorpelschäden. Lediglich für den medialen Femurcondylus konnte ein Zusammenhang zwischen den Osteophyten und der Chondromalazie hergestellt werden.

Die Veränderungen, die als typisch für eine chronische vordere Kreuzbandinsuffizienz gelten, wie vor allem Osteophyten und Ausziehungen an der Eminentia und Fossa intercondylaris wurden auch bei dem Patientenkollektiv der vorliegenden Studie gehäuft gefunden.

Die teilweise großen Diskrepanzen zwischen radiologischem und arthroskopischem Befund bestätigen auch, dass die alleinige Auswertung der Röntgenbilder nicht ausreicht, um die Diagnose der Gonarthrose zu stellen.

## Literatur

- [1] AMIS, A.A., DAWKINS G.P. (1991) Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 73:260-267
- [2] ANDERSON, A.F., LIPSCOMP, A.B. (1987) Preoperative instrumented testing of anterior and posterior knee laxity. *Am J. Sports. Med.* 17:387-392
- [3] ANDREWS, J.R.(1981) Surgical treatment of anterolateral rotatory instability of the knee. *Hefte zur Unfallheilkunde* 167:357-361
- [4] ARNOLD, J., COKER,T., HEATON, L., PARK, J., HARRIS, W. (1979) Natural history of anterior cruciate tears. *Am J Sports Med* 7:305-313
- [5] ARTMANN, M., WIRTH C.J. (1974) Untersuchung über den funktionsgerechten Verlauf der vorderen Kreuzbandplastik. *Z Orthop* 112:160-165
- [6] BANDI, W. (1974) Zur Frage der traumatischen Auslösung der Chondromalacia patella. *Orthopäde* 3:201-207
- [7] BARNETT,C.H., COCHRANE, W., PALFREY, A.J. (1963) Age changes in articular cartilage of rabbits. *Ann. Rheum. Dis.* 22:262-277
- [8] BAUER, R. (1987) Unsere Erfahrungen mit der operativen Behandlung der chronischen vorderen Kniegelenksinstabilität. *Der Orthopäde* 16:146-148
- [9] BAUGHER, W.H., WARREN, R.F., MARSHALL, J.L., JOSEPH, A. (1984) Quadriceps atrophy in the anterior cruciate insufficient knee. *Am. J. Sports. Med.* 12:192-195
- [10] BENNINGHOFF, A. (1985) Makroskopische und mikroskopische Anatomie des Menschen 1. Band, 14. Auflage, Urban und Schwarzenberg
- [11] BENNINGHOFF, A. (1925) Der funktionelle Bau des Hyalinknorpels. *Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte* 26:1-54
- [12] BLAUTH, W., HELM ,C. (1988) Vordere Kreuzbandrupturen – ein diagnostisches Problem? *Unfallchirurg* 91:358-365
- [13] BLICK, S., DANIEL, D.M. (1989) The quadriceps-ACL interaction. *Am. J. Sports Med.* 17:705
- [14] BOHNDORF,K., IMHOF, H. (1998) Radiologische Diagnostik der Knochen und Gelenke, Thieme-Verlag
- [15] BONAMO, J.J., FAY, C., FIRESTONE T. (1990) The conservative treatment of the anterior cruciate deficient knee. *AM. J. Sports Med.* 18:618-623

- [16] BOSZOTTA, H., HELPERSTORFER, W. (1994) Langzeitergebnisse nach arthroskopischer Implantation des Trevirabandes zum Ersatz des vorderen Kreuzbandes. *Akt. Traumatol.* 24:91-94
- [17] CERULLI, G., CARAFFA A., BENSI, M.D., BUOMPADRE V. (1989) Biomechanical, neuromorphological and mechanical studies on ACL. *Am. J. Sports Med.* 17:707
- [18] CLANCY, NELSON, REISER, NARECHANIA (1982) Anterior cruciate ligament reconstruction using one-third of the patellar ligament, augmented by extraarticular tendon transfer. *J. bone joint surg.* 64-A 352
- [19] CONTEDEUCA, F., FERRETTI, A., MARIANI, P., PUDDU, G., PERUGIA, L. (1991) Chondromalacia and chronic anterior instabilities of the knee. *Am J Sports Med* 19(2):119.123
- [20] COTTA, H., PUHL W. (1976) Pathophysiologie des Knorpelschadens. *Unfallheilkunde* 127:1-22
- [21] DAHLSTEDT, L.J., DALEN, N. (1989) Knee laxity in cruciate ligament injury. Value of examination under anaesthesia. *Acta Orthop. Scand.*60(1):181-184
- [22] DANIEL, D.M., MALCOM, L., LOSSE,G., STONE, M., SACHS, R., BURKS, R. (1985) Instrumented measurement of the anterior laxity of the knee. *J Bone Joint Surg (Am)* 67:720-726
- [23] DANIEL, D.M., STONE, M.L. (1988) Diagnosis of the knee ligament injury: Test and measurements of joint laxity. In FEAGIN, J.A. *The crucial ligaments. Diagnosis and treatment of ligamentous injuries about the knee.* Churchill Livingstone, New York pp 287-300
- [24] DANIEL, D.M., STONE, M.L., DOBSON, B.E., FITHIAN, D.C., ROSSMAN D.J., KAUFMAN, K.R. (1994) Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study. *Am. J. Sports Med.* 22(5):632-644
- [25] DEJOUR, H., WALCH, G., DESCHAMP, G., CHAMBAT, P. (1987) Arthrose du genou sur laxite chronique anterieur. *Revue de chirurgie orthopedique* 73:157-170
- [26] ECKSTEIN, F., REISER, M., ENGLMEIER, K.-H., PUTZ, R. Anatomische und biomechanische Aspekte des Gelenkknorpels. In IMHOFF, A, BURKART, A. *Knieinstabilität – Knorpelschaden* (1998) Steinkopff-Verlag
- [27] FEAGIN, J.A., BLAKE, W.P. (1982) Postoperative evaluation and result recording in the anterior cruciate reconstructed knee. *Clin. Orthop.* 172:143-147
- [28] FEAGIN,J.A., CURL (1976) Isolated tear of the anterior cruciate ligament: 5-years follow-up study. *Am J Sports Med* 4:95-100

- [29] FINK, C., HOSER, C., BENEDETTO, K.P., (1994) Development of arthrosis after ruptur of the anterior cruciate ligament: A comparison of surgical and conservative therapy. *Unfallchirurg* Jul:97(7):357-161
- [30] FINK, C., HOSER, C., BENEDETTO, K.P., JUDMAIER, W. (1994) (Neuro)Muskuläre Veränderungen der kniegelenksstabilisierenden Muskulatur nach Ruptur des vorderen Kreuzbandes. *Sportverl.-Sportschad.* 8:25-30
- [31] FOWLER, P.J., REGAN, W.D. (1987) The patient with symptomatic chronic anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med* 12:321-325
- [32] FREIWALD, J., JÄGER, A., STARKER, M. (1993) EMG-gestützte Funktionsanalyse im Rahmen einer Nachuntersuchung nach arthroskopisch versorgten vorderen Kreuzbandverletzungen. *Sportverl.-Sportschad.* 7:122-128
- [33] FROMM, B., SCHÄFER, B., KUMMER, W. (1993) Die Nervenversorgung des vorderen Kreuzbandes und Kreuzband-Allotransplantats. *Sportverl.-Sportschad.* 7:101-108
- [34] FUKUBAYASHI, T., TORZILLI, P.A., SHERMAN, M.F., WARREN, R.F. (1982) An in vitro biomechanical evaluation of the anterior-posterior motion of the knee. *J. Bone Joint Surg. [Am]* 64:258-264
- [35] FUNK, F.J. (1983) Osteoarthritis of the knee following ligamentous injury. *Clinical orthopaedics and related research* 172:154-157
- [36] GENELIN, F., BOGNER, M., OBRIST, J. (1990) Stellenwert der Arthroskopie bei klinisch diagnostizierter vorderer Instabilität am Kniegelenk In *Fortschritte in der Arthroskopie* Bd.4:70-74
- [37] GIGER, P., BEREITER, H., GÄCHTER, A. (1987) VKB-Ersatz mit Tibiavalgisationsosteotomie kombiniert bei beginnender medialen Gonarthrose bei VKB-Insuffizienz. *Z. Orthop.* 125:68-72
- [38] GILLQUIST, J., MESSNER K. (1999) Anterior cruciate ligament reconstruction and the long-term incidence of gonarthrosis. *Sports Med.* Mar:27(3):143-156
- [39] GLINZ, W., GHAFIER, M. (1990) Arthroskopische Meniskusresektion: Resultate 1-7 Jahre nach der Operation. In *Fortschritte in der Arthroscopie* Bd.4 Enke Verlag
- [40] GUDDE, P., WAGENKNECHT, R. (1973) Untersuchungsergebnisse bei 50 Patienten 10-12 Jahre nach der Innenmeniskusoperation bei gleichzeitig vorliegender Ruptur des vorderen Kreuzbandes. *Z. Orthop.* 111:369-372
- [41] HAUPT, P.R., BÜSING, C.M., Duspiva, W. (1986) Isolierter Riss des vorderen Kreuzbandes. *Unfallchirurg* 89:280-283
- [42] HAWKINS R.J., MISAMORE, G.W., MERIT, T.R. (1986) Followup of the nonoperated anterior cruciate ligament tear. *Am J. Sports Med.* 14:205-210



- [43] HERTEL, P. (1990) Pathophysiologie der Kniebandinstabilität und Folgeschäden In Fortschritte in der Arthroskopie Bd.4:1-14
- [44] HERTEL, P., SCHWEIBERER, L. (1975) Biomechanik und Pathophysiologie des Kniebandapparates. Hefte Unfallheilkd. 125:1-16
- [45] HERTEL, P., LAIS, E. ( ) Meniskus und Instabilität – eine zusammenfassende Darstellung eines Workshops
- [46] HERZOG, R.J. (1993) Die Diagnose von Bänderläsionen im Kniegelenk mittels Kernspintomographie. Sportverl.-Sportschad. 7:17-22
- [47] HESSE, I. (1981) Die Ultrastrukturen von Gelenkknorpeloberflächen und ihre funktionelle Bedeutung. Verh. Anat. Ges. 75:195-207
- [48] HESSE, W., TSCHERNE, H., HESSE, I. (1978) Störungen der Syntheseleistung der Chondrocyten bei der Praearthrose und Arthrose Z. Orthop. 116:435
- [49] HESSE, W., HESSE, I., KNICKREHM, E. (1977) Funktionsabhängige und präarthrotische Veränderungen des Gelenkknorpels. Beitr. elektronenmikroskop. Direktabb. Oberfl. 10:563-568
- [50] HUGHSTON, J.C., ANDREWS, J.R., CROSS, M.J., MOSCHI, A. (1976) Classification of knee ligament instabilities. Part I: The medial compartment and cruciate ligaments. Part II: The lateral compartment. J. Bone Joint Surg. [Am] 58:159-179
- [51] HUSON, A. (1974) Biomechanische Probleme des Kniegelenks. Orthopäde 3:119-126
- [52] IMHOF, H., SULZBACHER, I., GRAMPP, S., CZERNY, C., YOUSSEFZADEH, S., KAINBERGER, F. (2000) Subchondral and cartilage disease: a rediscovered functional unit. Invest. Radiol. Oct:35(10):581-588
- [53] JACKSON R.W., MARANS, H.J., GLOSSOP, N., WILLOWDALE, M. (1987) Anterior cruciate ligament insufficiency – a three-dimensional motion analysis. Am J. Sports Med. 15:388
- [54] JACOBSEN, C. (1977) Osteoarthritis following insufficiency of the cruciate ligaments in man. Acta orthop. Scand. 48:520-526
- [55] JÄGER, M., WIRTH, C.J. (1992) Praxis der Orthopädie Thieme
- [56] JAKOB, R.P., STÄUBLI, H.U., DELAND (1987) Grading the pivot shift J. bone joint surg. 69:294-299
- [57] JAKOB, R.P., STÄUBLI, H.U., Kniegelenk und Kreuzbänder. Anatomie, Biomechanik, Klinik, Rekonstruktion, Komplikationen, Rehabilitation, Springer, Berlin Heidelberg, New York Tokyo

- [58] JEROSCH, J., SCHRÖDER, M., STEINBECK, J., ASSHEUER, J. (1994) Belastungsabhängige Langzeitveränderungen der Menisci. Sportverl.-Sportschad. 8:38-42
- [59] JOSTEN, CH., NEUMANN, K., KNOPP, (1990) W. Effekt der Meniskuschirurgie auf die chronische vordere Kreuzbandinstabilität In Fortschritte in der Arthroskopie Bd. 4:108-110
- [60] KÄÄB, M.J., ITO, K., CLARK J.M., NOTZLI, H.P. (2000) The acute structural changes of loaded articular cartilage following meniscectomy or ACL-transection. Osteoarthritis Cartilage Nov:8(6):464-473
- [61] KANNUS, P., JARVINEN M. (1987) Conservatively treated tears of the anterior cruciate ligament. Long-term results. J Bone Joint Surg Am. Sep:69(7):1007-1012
- [62] KDOLSKY, R., KWASNY, O., SCHABUS, R. (1992) Bedeutung der Stabilitäts- und Funktionsmessung in der Kniebandchirurgie. Akt. Traumatol. 22:201-209
- [63] KENNEDY, J.C., WEINVERG, M.W., WILSON, A.S. (1974) The anatomy and function of the anterior cruciate ligament. J. Bone Joint Surg. [Am] 56:223-235
- [64] KENTSCH, A., FRIEDERICH, N., MÜLLER, W. (1991) Bemerkungen zur Biomechanik des menschlichen Kniegelenks. Hefte zur Unfallheilkunde 217:1-10
- [65] KERSCHBAUMER, F., BAUER, R., EICHENAUER, M., AGREITER, Z.H. (1987) Unsere Erfahrungen mit der operativen Behandlung der chronischen vorderen Kniegelenksinstabilität. Orthopäde 16:140-148
- [66] KNAEPLER, H., KRUDWIG, W., WITZEL, U. (1994) Überlegungen zur differenzierten Therapie bei Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes. Akt. Traumatol. 24:188-194
- [67] KORVICK, D.L., PIJANOWSKI, G.J., SCHAEFFER, D.J. (1994) Three-dimensional kinematics of the intact cranial cruciate ligament-deficient stifle of dogs. J Biochem Jan:27(1):77-87
- [68] KRUDWIG, W., KERSCHEN, J., WITZEL, U., DRAZNIN, N. (1992) Alloplastischer Ersatz des vorderen Kreuzbandes. Akt. Traumatol. 22:170-175
- [69] KUMMER, B. (1994) Biomechanik des Meniskus Orthopäde 23:90-92
- [70] KUMMER, B. (1981) Grundlagen der Biomechanik des Kniegelenks. Prak. Orthop. 11:201-209
- [71] KUMMER, B., YAMAMOTO, M. (1988) Morphologie und Funktion des Kreuzbandapparates des Kniegelenks. Arthroskopie 1:2-10
- [72] LANDSIEDL, F., MEZNIK, CH. (1990) Arthroskopische Befunde bei veralteten vorderen Kreuzbandläsionen. In Fortschritte in der Arthroskopie Bd. 4:66-69
- [73] LEMAIRE, M. (1975) Instabilité chronique du genou. J Chir (Paris) 110:281-294

- [74] LIPSCOMB, ANDERSON (1986) Tears of the anterior cruciate ligament in adolescents. *J. bone joint surg. (Am)* 68:19-28
- [75] LOHMANDER, L.S.S., ROOS, H. (1994) Knee ligament injury, surgery and osteoarthritis. Truth or consequences? *Avta Orthop. Scand.* 65(6):605-609
- [76] LUCIE, H.S., WIEDEL, J.D., MESSNER, D.G. (1984) The acute pivot-shift: clinical correlation. *Am. J. Sports Med.* 12:189-191
- [77] LYNCH, M.A., HENNING, C.E. (1983) Long-term follow-up Meniskus tear treatment in stable anterior cruciate ligament reconstructions. *Knee joint surface changes* 172:148-153
- [78] MALETIUS, W., MESSNER, K. (1999) Eighteen-to twenty-five year follow-up after complete rupture of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* Nov-Dec.:27(6):711-717
- [79] MANSOUR, J.M., WENTORF, F.A., DEGOEDE, K.M. (1998) In vivo kinematics of the 3rabbit knee in unstable models of osteoarthritis. *Ann Biomed. Eng.* May-Jun.:26(3):353-360
- [80] MARANS, H.J.; JACKSON, R.W., GLOSSOP, N.D., YOUNG, M.C. (1989) Anterior cruciate ligament insufficiency: A dynamic three-dimensional motion analysis. *Am. J. Sports Med.* 17:325-332
- [81] MARKOLF, K. (1984) Measurement of knee stiffness and laxity in patients with documented absence of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg (Am)* 66:242-253
- [82] MATSUMOTO, H. (1990) Mechanism of the pivot shift. *J Bone Joint Surg* 72-B:816-821
- [83] MC DANIEL, W.J., DAMERON, T.B. (1983) The untreated anterior cruciate ligament rupture. Clinical related and research 172:158-163
- [84] MENKE, W., SCHNEIDER, T., SCHNITZ, B. MICHIELS, H. (1990) Nachuntersuchung bei unbehandelte vorderer Kreuzbandruptur. *Sportverl.-Sportsch.* 4:169-174
- [85] MENSCHIK, A. (1974) Mechanik des Kniegelenks Teil 1. *Z. Orthop.* 112:481-495
- [86] MENSCHIK, A. (1975) Mechanik des Kniegelenks Teil 2. *Z. Orthop.* 113:388-400
- [87] MENSCHIK, A. (1974) Mechanik des Kniegelenks Teil 3. *Sailer Wien*
- [88] MESSNER K., MALETIUS W. (1999) Eighteen-to twenty-five year follow-up after acute partial anterior cruciate ligament rupture *Am J Sports Med.* Jul-Aug:27(4):455-459
- [89] MÜLLER, W. (1977) Neuere Aspekte der funktionellen Anatomie des Kniegelenkes. *Unfallheilkunde* 131-138

- [90] MÜLLER, W. (1981) Pathophysiologie des Knies. Hefte zur Unfallheilkunde 167:48-60
- [91] MÜLLER, W. (1991) Bemerkungen zur Biomechanik des menschlichen Kniegelenks. Hefte zur Unfallheilkunde 217:1-10
- [92] MÜLLER, W. (1994) Menisken und Knieinstabilität. Orthopäde 23:93-97
- [93] MÜLLER, W. (1982) Das Knie. Springer-Verlag
- [94] NÄGERL, H., KUBEIN-MEESENBURG, H., COTTA, H., FANGHÄNEL, J. (1993) Biomechanische Prinzipien in Diarthrosen und Synarthrosen. Teil III: Mechanik des Tibiofemoralgelenkes und Rolle der Kreuzbänder. Z. Orthop. 131:385-396
- [95] NAKAJIMA, N., KONDO, M., KUROSAWA, H., FUKUBAYASHI, T. (1979) Insufficiency of the anterior cruciate ligament. Review of 118 cases. Arch. Orthop. Trauma 95:233-240
- [96] NEHRER, S., SPECTOR, M. Tissue Engineering in Cartilage Repair – In Vitro und In Vivo Experimente an zellaugmentierten Kollagenimplantaten. In IMHOFF, A., BURKART, A. Knieinstabilität – Knorpelschaden (1998) Steinkopff Verlag
- [97] NEUSEL, E., MAIBAUM, S., ROMPE, G. (1993) Nachuntersuchungsergebnisse nach konservativ behandelter isolierter frischer vorderer Kreuzbandruptur. Akt. Traumatol. 23:200-206
- [98] NIELSEN, S., OVESEN, J., RASMUSSEN, O. (1984) The anterior cruciate ligament of the knee: An experimental study of its importance in the rotatory knee instability. Arch. Orthop. Trauma Surg. 103:170-174
- [99] NIETHARD, F.U., PFEIL, J. (1992) Orthopädie Duale Reihe, Hippokrates
- [100] NORWOOD, L.A., CROSS, M.J. (1979) Anterior cruciate ligament, functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. Am. J. Sports Med. 7:23-26
- [101] NOYES, F., GROOD, E., CUMMING, J., WROBLE, R. (1991) An analysis of the pivot-shift phenomenon on the knee motions and subluxations induced by different examiners. Am J Sports Med. 19(2):148-155
- [102] NOYES, F., MOOAR, MATTHEWS (1983) The symptomatic anterior cruciate deficient knee. Part I: The long-term functional disability in athletically active individuals. J. bone joint surg. (Am) 65:154-162
- [103] NOYES, F., MOOAR, MATTHEWS, GROOD, E. (1983) The symptomatic anterior cruciate deficient knee. Part II J. bone joint surg. 65-A:163
- [104] NOYES, F., TORVIK, P.J., HYDE, W.B., DE LUCAS, J.L. (1974) Biomechanics of ligament failure. II. An analysis of immobilization, exercise and reconditioning effects in primates. J Bone Joint Surg (Am) 56:1406-1418

- [105] O`DONOGHUE, D.H. (1950) Surgical treatment of fresh injuries to the major ligaments of the knee. *J Bone Joint Surg (Am)* 32:721-738
- [106] O`DONOGHUE, D.H. (1961) Injury to the ligaments of the knee. *Am J Orthop* 3:46-52
- [107] PATTEE, G.A., FOX, J.M., DEL PIZZO, W., FRIEDMAN M.J. (1989) Four to ten year followup of unreconstructed anterior cruciate ligament tears. *Am. J. Sports Med.* 17:430-435
- [108] PETER, Aperspective of lesions associated with ACL insufficiency of the knee
- [109] PUHL, W. (1973) Experimental studies of the regeneration of the articular cartilage. *Arch. Orthop. U. Unfallchir.* 74:352-365
- [110] PUHL, W. (1974) Die Mikromorphologie gesunder Knorpeloberflächen *Z. Orthop.* 112:262-277
- [111] REFIOR, H.J. (1976) Die Reaktion des hyalinen Gelenkkorpels unter Druck, Immobilisation und Distraction. *Hefte Unfallheilkd* 127:23-36
- [112] SANDBERG, R., BALKFORS, B., NILSSON, B., WESTLIN, N. (1987) Operative versus nonoperative treatment of recent knee ligament injuries. *Am J. Sports Med.* 15:392
- [113] SANDHOLZER, K., HÄFELE, H. (1988) Röntgenologisches Zeichen der vorderen Kreuzbandinsuffizienz Sportverletz. *Sportschaden Sep. 2 (3):*106-111
- [114] SAXON, L., FINCH, C., BASS, S., (1999) Sports participation, sports injuries and osteoarthritis. Implication for prevention. *Sports Med.* Aug:28(2):123-135
- [115] SCHLEGEL, K.F. (1990) Die Menishektomie – Rückblick und Ausblick. In *Fort-schritte in der Arthroskopie Bd.2*
- [116] SÉGAL, P., LALLEMENT, J.J., RAQUET, M., JACOB, M., GÉRARD, Y. (1980) Les lésions ostéo-cartilagineuses de la laxité antéro-interne du genou. *Rev Chir Orthop* 66:357-365
- [117] SEITZ, H., CHRYSOPOULOS A., EGKHER E., MOUSAVI, M. (1994) Langzeitergebnisse nach vorderem Kreuzbandersatz im Vergleich zur konservativen Therapie. *Chirurg* 65:992-998
- [118] SOMMERLATH K.G., LYSHOLM, J., GILLQUIST J. (1991) The long-term course after treatment of the anterior cruciate ligament rupture. A 9 to 16 year follow-up. *Am J. Sports Med.* 19:156-162
- [119] SOMMERLATH K.G., GILLQUIST J. (1992) The long-term course of various meniscal treatments in anterior cruciate ligament deficient knees. *Clin Orthop.* Oct(283):201-214

- [120] STÄUBLI, H.U. (1987) Indikation, Behandlung und Evaluation bei chronischer vorderer Kreuzbandinstabilität. *Der Orthopäde* 16:130-139
- [121] STROBEL, M., STEDTFELD, H.W., STENZEL, H. (1987) Pathomechanik der anteromadialen Rotationsinstabilität des Kniegelenks in verschiedenen Verletzungsgraden. *Hefte Unfallheilkd.* 189:119-128
- [122] STROBEL, M., BRUG, E., STEDTFELD, H.W., STENZEL, H., BARANOWSKI, D. (1987) Three-dimensional computerized graphs of rotatory instabilities of the knee joint. An experimental investigation. *Am. J. Sports Med.* 15:388
- [123] STROBEL, M., STEDTFELD, H.W., EICHHORN, H.J. (1995) Diagnostik des Kniegelenkes, Springer
- [124] STROBEL, M. (1998) *Arthroskopische Chirurgie*, Springer
- [125] SUTER, E., HERZOG, W., LEONARD TR., NGUYEN, H. (1998) One year changes in hind limb kinematics, ground reaction forces and knee stability in an experimental model of osteoarthritis. *J Biomech* Jun.31(6):511-517
- [126] TORG, J.S., CONRAD, W., KALEN, V. (1976) Clinical diagnosis of anterior ligament instability in the athlete. *Am J Sports Med* 4:84-93
- [127] TILING, TH., RÖDDECKER, K. (1990) Knieinstabilität und Meniskusschaden. In *Fortschritte in der Arthroskopie* Bd.4:97-99
- [128] TRILLAT, A. (1971) Les laxités chroniques du genou. *Rev Chir Orthop* 57:318-319
- [129] WAGNER, H. (1974) Traumatische Knorpelschäden des Kniegelenks. *Der Orthopäde* 3:208-216
- [130] WAGNER, SCHARF, SCHABUS (1986) The anterior cruciate ligament deficiency syndrome in: Trickey, Hertel: *Surgery and Arthroscopy of the knee*, Springer Berlin-Heidelberg-New-York S.169
- [131] WEIGERT, M. (1973) Kniebandnaht und Kniebandersatz *Z. Orthop.* 111:364-368
- [132] WEISSINGER, M., KEPPEL, A., HELMREICH, CH. (1995) Komplikationen nach Ersatzplastiken des vorderen Kreuzbandes. *Akt. Traumatol.* 25: 119-121
- [133] WERLICH, T., BRAND, H., ECHTERMAYER, V., PÖHLMANN, J. (1993) Knie-Arthrometer KT-1000: Stellenwert der instrumentellen Messung bei der Diagnose einer komplexen vorderen Knieinstabilität. *Akt. Traumatol.* 23:43-49
- [134] WIRTH, C.J., ARTMANN M. (1974) Verhalten der Roll-Gleit-Bewegung des belasteten Kniegelenkes bei Verlust und Ersatz des vorderen Kreuzbandes. *Arch Orthop Unfallchir* 78:356-361
- [135] WIRTH, C.J., REFIOR, H.J. (1976) Der plastische Ersatz veralteter Kreuzbandrupturen. II. Spätergebnisse *Z Orthop* 114:922-930

- 
- [136] WIRTH, C.J., KÜSSWETTER, W. (1978) Die isolierte Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Arch Orthop Unfallchir 91:239-242

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 1</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus Gruppe I.....	36
<b>Abb. 2</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus Gruppe II.....	37
<b>Abb. 3</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus Gruppe III.....	37
<b>Abb. 4</b>	Chondromalazie mediales Tibiaplateau gesamtes Patientenkollektiv.....	38
<b>Abb. 5</b>	Chondromalazie lateraler Femurcondylus gesamtes Patientenkollektiv.....	39
<b>Abb. 6</b>	Chondromalazie retropatellar gesamtes Patientenkollektiv.....	40
<b>Abb. 7</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subjektiven Stabilität Gruppe I.....	42
<b>Abb. 8</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subjektiven Stabilität Gruppe II.....	42
<b>Abb. 9</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subjektiven Stabilität Gruppe III.....	43
<b>Abb. 10</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Lachman-Test Gruppe I.....	44
<b>Abb. 11</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Lachman-Test Gruppe II.....	45
<b>Abb. 12</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Lachman-Test Gruppe III.....	45
<b>Abb. 13</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Pivot-shift-Test Gruppe I.....	47
<b>Abb. 14</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Pivot-shift-Test Gruppe II.....	47
<b>Abb. 15</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Pivot-shift-Test Gruppe III.....	48
<b>Abb. 16</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum KT-1000-Wert gesamtes Patientenkollektiv.....	50
<b>Abb. 17</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur KT-1000-Differenz Gruppe I.....	51
<b>Abb. 18</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur KT-1000-Differenz Gruppe II.....	52
<b>Abb. 19</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur KT-1000-Differenz Gruppe III.....	52
<b>Abb. 20</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Patientenalter Gruppe I.....	53
<b>Abb. 21</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Patientenalter Gruppe II.....	54
<b>Abb. 22</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Patientenalter Gruppe III.....	54
<b>Abb. 23</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Innenmeniskusbefund gesamtes Patientenkollektiv.....	56
<b>Abb. 24</b>	Chondromalazie mediales Tibiaplateau in Korrelation zum Innenmeniskusbefund gesamtes Patientenkollektiv.....	57
<b>Abb. 25</b>	Chondromalazie lateraler Femurcondylus in Korrelation zum Außenmeniskusbefund gesamtes Patientenkollektiv.....	58
<b>Abb. 26</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Rupturalter gesamtes Patientenkollektiv.....	59
<b>Abb. 27</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zu den Osteophyten Gruppe I.....	61
<b>Abb. 28</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zu den Osteophyten Gruppe II.....	61
<b>Abb. 29</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zu den Osteophyten Gruppe III.....	62
<b>Abb. 30</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subchondralen Sklerosierung Gruppe I.....	63
<b>Abb. 31</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subchondralen Sklerosierung Gruppe II.....	63



<b>Abb. 32</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subchondralen Sklerosierung Gruppe III .....	64
<b>Abb. 33</b>	Chondromalazie lateraler Femurcondylus in Korrelation zu den Osteophyten gesamtes Patientenkollektiv .....	65
<b>Abb. 34</b>	Chondromalazie retropatellar in Korrelation zu den Osteophyten gesamtes Patientenkollektiv .....	67
<b>Abb. 35</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus gesamtes Patientenkollektiv .....	70
<b>Abb. 36</b>	Chondromalazie retropatellar gesamtes Patientenkollektiv .....	71
<b>Abb. 37</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subjektiven Stabilität gesamtes Patientenkollektiv .....	72
<b>Abb. 38</b>	Chondromalazie retropatellar in Korrelation zur subjektiven Stabilität gesamtes Patientenkollektiv .....	72
<b>Abb. 39</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Lachman-Test gesamtes Patientenkollektiv .....	74
<b>Abb. 40</b>	Chondromalazie retropatellar in Korrelation zum Lachman-Test gesamtes Patientenkollektiv .....	75
<b>Abb. 41</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Pivot-shift-Test gesamtes Patientenkollektiv .....	76
<b>Abb. 42</b>	Chondromalazie retropatellar in Korrelation zum Pivot-shift-Test gesamtes Patientenkollektiv .....	77
<b>Abb. 43</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum KT-1000-Wert gesamtes Patientenkollektiv .....	78
<b>Abb. 44</b>	Chondromalazie retropatellar in Korrelation zum KT-1000-Wert gesamtes Patientenkollektiv .....	79
<b>Abb. 45</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur KT-1000-Differenz gesamtes Patientenkollektiv .....	80
<b>Abb. 46</b>	Chondromalazie retropatellar in Korrelation zur KT-1000-Differenz gesamtes Patientenkollektiv .....	80
<b>Abb. 47</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Patientenalter gesamtes Patientenkollektiv .....	82
<b>Abb. 48</b>	Chondromalazie retropatellar in Korrelation zum Patientenalter gesamtes Patientenkollektiv .....	82
<b>Abb. 49</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Innenmeniskusbefund gesamtes Patientenkollektiv .....	84
<b>Abb. 50</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zum Rupturalter gesamtes Patientenkollektiv .....	88
<b>Abb. 51</b>	Chondromalazie retropatellar in Korrelation zum Rupturalter gesamtes Patientenkollektiv .....	88
<b>Abb. 52</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus in Korrelation zur subchondralen Sklerosierung gesamtes Patientenkollektiv .....	90
<b>Abb. 53</b>	Chondromalazie retropatellar in Korrelation zur subchondralen Sklerosierung gesamtes Patientenkollektiv .....	91

## Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 1</b>	Gruppenverteilung .....	34
<b>Tab. 2</b>	Kriterien für die Auswertung der Röntgenbilder.....	35
<b>Tab. 3</b>	Chondromalazie Trochlea Femoris.....	39
<b>Tab. 4</b>	Chondromalazie III° und IV° medialer Femurcondylus.....	41
<b>Tab. 5</b>	Chondromalazie III° und IV° lateraler Femurcondylus .....	41
<b>Tab. 6</b>	Lachmantest .....	44
<b>Tab. 7</b>	Chondromalazie medialer Femurcondylus – Pivot-shift-Test.....	46
<b>Tab. 8</b>	Chondromalazie IV° medialer Femurcondylus – KT-1000-Wert .....	49
<b>Tab. 9</b>	Chondromalazie IV° mediales Tibiaplateau – KT-1000-Wert.....	49
<b>Tab. 10</b>	Chondromalazie retropatellar in Bezug zum Rupturalter .....	59
<b>Tab. 11</b>	Osteophyten mediales Kompartment .....	60
<b>Tab. 12</b>	Radiologische Veränderungen an der Eminentia intercondylaris .....	66
<b>Tab. 13</b>	Chondromalazie III° und IV° medialer Femurcondylus – Rupturalter.....	87

## Lebenslauf

Name: Eshter Anne Pröpper, geb. Marx  
 Geburtsdatum: 11. April 1970  
 Geburtsort: Düsseldorf  
 Eltern: Josef Marx  
           Hilde Marx, geb. Kessler  
 Familienstand: verheiratet seit 08.12.1995, zwei Kinder  
 Ehemann: Matthias Pröpper  
 Schullaufbahn: 1976-1980 kath. Grundschule St. Cäcilia Düsseldorf  
                   1980-1989 Annette-von-Droste-Hülshoff-Gymnasium  
   Düsseldorf  
 Studium der Humanmedizin: 1989-1995 Universität / GHS Essen  
                                   12.09.1991 ärztliche Vorprüfung  
                                   23.03.1993 1. Staatsexamen  
                                   05.09.1994 2. Staatsexamen  
                                   1994-1995 PJ am Alfried-Krupp-Krankenhaus Essen  
                                   30.10.1995 3. Staatsexamen Universität / GHS Essen  
 ÄIP: 1/96-3/97 OGP Straubing  
           4/97-6/97 Krankenhaus Dingolfing Chirurg. Abt.  
           12.08.1997 Aprobation  
 Assistenzärztin: 7/97-6/99 OGP Straubing  
 Lehrtätigkeit: 3/98-7/98 Schule für med Fußpflege Plattling  
 Assistenzärztin: 7/99-7/00 Orthopädische Praxis Dr. Göhr, Düsseldorf  
 Assistenzärztin: 8/00-1/01 Chirurgische Praxis Dr. Jakob, Düsseldorf  
 Assistenzärztin: seit 2/01 Orthopädische Praxis Dr. Ollefs, Dormagen  
 Lehrtätigkeit: seit 11/00 DRK-Schule für Ergotherapie